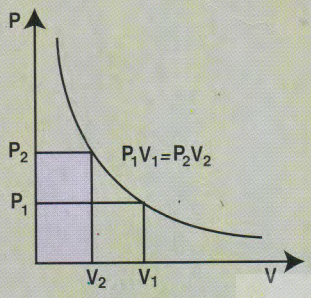
সৃজনশীল প্রশ্ন সম্বলিত

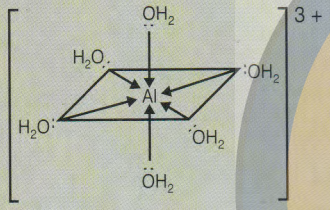
# উচ্চ মাধ্যমিক

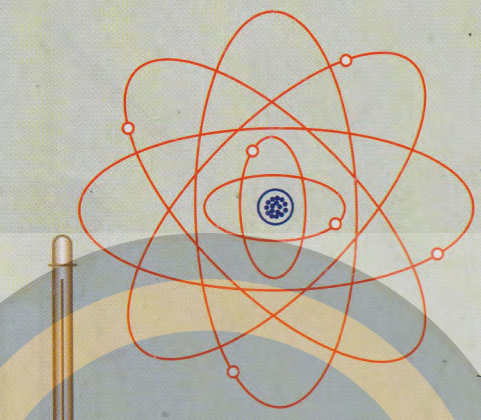
# রসায়ন

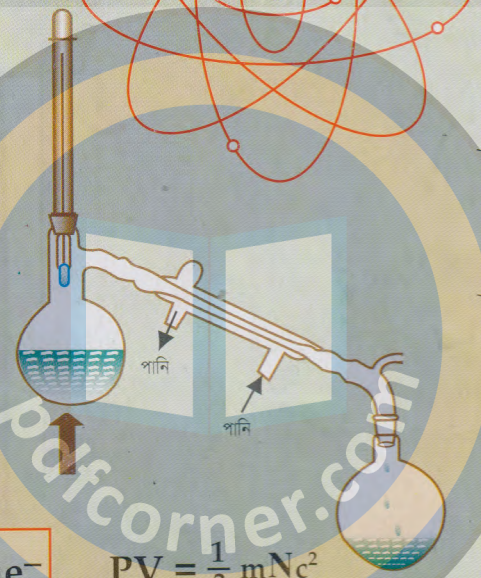
## প্রথম পত্র

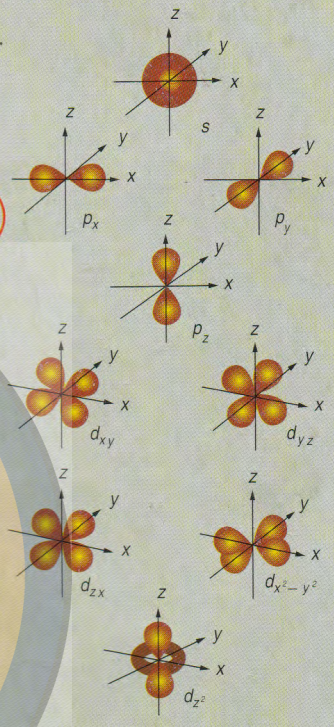
ড. সরোজ কান্তি সিংহ হাজারী
ও
হারাধন নাগ






$$M\,(s) \longrightarrow M^{n+}\,(aq) + ne^-$$

$$PV = \frac{1}{3}\,mNc^2$$

pdfcorner.com

হাসান বুক হাউস ঢাকা

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত

পরিমার্জিত শিক্ষাক্রম অনুযায়ী প্রণীত এবং জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক
১৯৯৮–১৯৯৯ শিক্ষাবর্ষ থেকে উচ্চ মাধ্যমিক স্তরের পাঠ্যপুস্তক হিসেবে পুনঃঅনুমোদিত।
[ চতুর্থ পুনঃঅনুমোদন পত্র নং পা:পু:/সম্পাদনা–৩৯/২০০৭/৮২৬ তারিখ ঃ ২০/০৬/২০০৭ ]

## সৃজনশীল প্রশ্ন সম্বলিত

# উচ্চ মাধ্যমিক

# রসায়ন

## [ প্রথম পত্র ]

**ডক্টর সরোজ কান্তি সিংহ হাজারী**
বি.এসসি–অনার্স (প্রথম শ্রেণী)
এম.এসসি (প্রথম শ্রেণী)
পিএইচ.ডি (প্রথম শ্রেণী, বার্লিন, জার্মানি)

উপাচার্য
বিজিসি ট্রাস্ট ইউনিভার্সিটি, চট্টগ্রাম।
প্রফেসর (ছুটিতে) ও প্রাক্তন সভাপতি, রসায়ন বিভাগ
চট্টগ্রাম বিশ্ববিদ্যালয়, চট্টগ্রাম।

**অধ্যাপক হারাধন নাগ**
রসায়ন বিভাগীয় প্রধান ( কলেজ সেকশন ), ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম; প্রাক্তন সহযোগী অধ্যাপক ও বিভাগীয় প্রধান, রসায়ন বিভাগ, পটিয়া সরকারী কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রাক্তন সহযোগী অধ্যাপক, কক্সবাজার সরকারী কলেজ, প্রাক্তন সহকারী অধ্যাপক, রসায়ন বিভাগ, গাছবাড়িয়া সরকারী কলেজ ও সাতকানিয়া সরকারী কলেজ, চট্টগ্রাম।

মোবাইল ঃ ০১৭১৫৮৪৬৭৬৮
(০৩১)–৬৩৫০১০

হাসান বুক হাউস ঢাকা

http://pdfcorner.com

**প্রকাশক ঃ**

**হাসান বুক হাউস–এর পক্ষে**

**ড. ভক্তিময় সরকার**

বি.এসসি.–অনার্স, এম.এসসি. (ফার্স্ট ক্লাস), পিএইচ.ডি.

১৫–১৬, প্যারী দাস রোড, বাংলাবাজার, ঢাকা–১১০০
ফোন ঃ ৭১২ ২০ ৬৩ # ৭১১ ৬১ ৫১

[ এই পুস্তকের গ্রন্থস্বত্ব লেখকদ্বয় কর্তৃক সংরক্ষিত। পুস্তকটির কোন অংশ অথবা সম্পূর্ণ পুস্তক কোনভাবে কারও কর্তৃক হুবহু বা সংশোধিত আকারে প্রকাশ ও প্রচার করা অবৈধ ও দণ্ডনীয় বলে বিবেচিত হবে। ]

| | | | |
|---|---|---|---|
| **পুনর্মুদ্রণ** | ঃ জুলাই, | ২০১৩ | |
| **চতুর্দশ সংস্করণ** | ঃ মে, | ২০১২ | |
| **ত্রয়োদশ সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০১১ | |
| **দ্বাদশ সংস্করণ** | ঃ মে, | ২০১০ | |
| **একাদশ সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০০৯ | |
| **দশম সংস্করণ** | ঃ জুলাই, | ২০০৮ | |
| **নবম সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০০৭ | (এন.সি.টি.বি কর্তৃক চতুর্থ পুনঃঅনুমোদিত) |
| **অষ্টম সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০০৬ | |
| **সপ্তম সংস্করণ** | ঃ জুলাই, | ২০০৫ | |
| **ষষ্ঠ সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০০৪ | (এন.সি.টি.বি কর্তৃক তৃতীয় পুনঃঅনুমোদিত) |
| **পঞ্চম সংস্করণ** | ঃ জুন, | ২০০৩ | |
| **চতুর্থ সংস্করণ** | ঃ আগস্ট, | ২০০২ | |
| **তৃতীয় সংস্করণ** | ঃ আগস্ট, | ২০০১ | (এন.সি.টি.বি কর্তৃক দ্বিতীয় পুনঃঅনুমোদিত) |
| **দ্বিতীয় সংস্করণ** | ঃ জুলাই, | ২০০০ | |
| **প্রথম সংস্করণ** | ঃ সেপ্টেম্বর, | ১৯৯৯ | |
| **প্রথম প্রকাশ** | ঃ আগস্ট, | ১৯৯৮ | (এন.সি.টি.বি কর্তৃক প্রথম অনুমোদিত) |

**মূল্য ঃ ২২০.০০ টাকা মাত্র**

**মুদ্রণে ঃ**

**শুভেচ্ছা প্রেস এন্ড পাবলিকেশন্স**
১৫–১৬ প্যারী দাস রোড, ঢাকা–১১০০

http://pdfcorner.com

# সৃজনশীল প্রশ্ন সম্বলিত ও পরিমার্জিত চতুর্দশ সংস্করণের ভূমিকা

পরম করুণাময় সৃষ্টিকর্তার অপার কৃপায় আমাদের লিখিত **উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন প্রথম পত্রের** পরিমার্জিত চতুর্দশ সংস্করণ নতুন কলেবরে প্রকাশিত হল। এবার প্রত্যেক অধ্যায়ের অনুশীলনীতে 'সৃজনশীল প্রশ্ন' বা 'কাঠামোবন্ধ প্রশ্ন' পদ্ধতির নমুনা প্রশ্নাবলি ও MCQ উত্তরসহ সংযোজন করা হল। পূর্ববর্তী সংস্করণগুলোর মত এ সংস্করণেও প্রতিটি অধ্যায়ে বিশেষ পরিবর্তনের মূলে রয়েছে সতীর্থ অধ্যাপকবৃন্দের গঠনমূলক পরামর্শ। তাই এ মুহূর্তে কৃতজ্ঞচিত্তে আমরা স্মরণ করছি সকল মহাবিদ্যালয়ের সম্মানিত সতীর্থ অধ্যাপকবৃন্দকে। তাঁরা অত্যন্ত সহানুভূতির সাথে মূল্যায়ন করেছেন আমাদের লিখিত বইটির বিষয়বস্তুর উপস্থাপন পদ্ধতিকে আর তাঁদের মূল্যায়নে যথার্থ সাফল্যের স্বীকৃতিস্বরূপ তাঁরাই তুলে দিয়েছেন এ বইটিকে তাঁদের প্রিয় সকল ছাত্র-ছাত্রীর হাতে। তাই সৃজনশীল প্রশ্নসম্বলিত চতুর্দশ সংস্করণের ভূমিকার প্রারম্ভে অধ্যাপকবৃন্দকে জানাই সশ্রদ্ধ কৃতজ্ঞতা আর শিক্ষার্থীদের জানাই শুভেচ্ছা এ রসায়ন পাঠের অগ্রযাত্রায়।

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ডের নিয়ম অনুসারে, পাঠ্যপুস্তকের মান উন্নয়নের লক্ষ্যে প্রতি তিন বছর পরপর পাঠ্যপুস্তকের পুনঃঅনুমোদন প্রয়োজন হয়। এ প্রেক্ষাপটে পূর্ববর্তী সংস্করণের উপর দেশের জেলা, উপজেলা ও প্রত্যন্ত অঞ্চলের বিভিন্ন কলেজের সম্মানিত অধ্যাপকবৃন্দের মৌখিকভাবে ও লিখিত শুভেচ্ছাপত্রে প্রদত্ত মতামত, অধ্যায়ভিত্তিক তাঁদের গঠনমূলক পরামর্শ এবং বিভিন্ন শিক্ষা বোর্ডের বিগত এগার বছরের প্রশ্নপত্রের আলোকে এ বইয়ের প্রতিটি অধ্যায়ে প্রয়োজন মত বিষয়বস্তুর ও সংশ্লিষ্ট চিত্রসমূহের পরিমার্জন করা হয়েছে।

তাই এ নতুন সংস্করণের গ্রহণযোগ্যতা সতীর্থ অধ্যাপকবৃন্দ ও ছাত্র-ছাত্রীদের নিকট অধিকতর বৃদ্ধি পাবে এবং অপরিহার্য পাঠ্যপুস্তকরূপে গৃহীত হবে; এ বিশ্বাস পোষণ করি।

আশা করি পূর্ববর্তী সংস্করণের মত এ সংস্করণটিও সম্মানিত সতীর্থ অধ্যাপকবৃন্দ ও অগণিত শিক্ষার্থীর নিকট সমভাবে সমাদৃত হবে। অধ্যাপকবৃন্দের সহযোগিতা ও গঠনমূলক পরামর্শ ভবিষ্যতেও আমরা আশা করি।

পরিশেষে শ্রদ্ধাভরে স্মরণ করছি এ বইয়ের **প্রকাশক, হাসান বুক হাউস-এর স্বত্বাধিকারী প্রফেসর ড. মোহাম্মদ আবুল হাসান ও ড. ভক্তিময় সরকার এবং এ প্রতিষ্ঠানের কর্মচারীবৃন্দকে** যাদের ঐকান্তিক প্রচেষ্টায় বইটির সঠিক সময়ে প্রকাশ এবং জেলা, উপজেলা ও দেশের প্রত্যন্ত অঞ্চলের বিভিন্ন কলেজের অসংখ্য সম্মানিত অধ্যাপকের হাতে শুভেচ্ছা কপি বিতরণের মাধ্যমে বইটির গ্রহণযোগ্যতা বৃদ্ধিতে সহায়ক ভূমিকা রেখেছেন।

সর্বোপরি পরম করুণাময় সৃষ্টিকর্তার নিকট অশেষ কৃতজ্ঞতা জানাই এবং সংশ্লিষ্ট সকলের পুনরায় সহযোগিতা কামনা করছি। সকলের মঙ্গল কামনা করছি করুণাময়ের নিকট।

বিনীত

মে, ২০১২

ড. সরোজ কান্তি সিংহ হাজারী

ও

অধ্যাপক হারাধন নাগ

http://pdfcorner.com

# প্রথম প্রকাশের ভূমিকা

বাংলাদেশের পাঠ্যপুস্তকের মান আন্তর্জাতিক পর্যায়ে উন্নীতকরণের লক্ষ্যে জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড (এনসিটিবি) দেশের প্রখ্যাত শিক্ষাবিদদের নিয়ে বিভিন্ন বিষয়ের জন্য বিভিন্ন পাঠ্যসূচি কমিটি গঠন করে। একই সাথে এ সকল পাঠ্যসূচি অনুযায়ী প্রতিযোগিতামূলকভাবে পুস্তক রচনার জন্য বেশ কিছু সংখ্যক লেখক নির্বাচন করে। আমরা নির্বাচিত লেখকদের মধ্যে অন্যতম।

এ বইটি এনসিটিবি প্রদত্ত সিলেবাস ও নির্দেশনা অনুযায়ী রচিত। রচনার পরে তা এনসিটিবি এর বিশেষজ্ঞগণ কর্তৃক পরীক্ষিত ও অনুমোদিত হয়েছে।

কোমলমতি ছাত্র-ছাত্রীদের কথা মনে রেখে বইটির ভাষা সহজ ও সরল করার চেষ্টা করা হয়েছে। তবে বইটি খুব অল্প সময়ের মধ্যে রচনা করতে না হলে হয়তো আরো সহজ সরল করা যেতো। পরবর্তীতে প্রয়োজনবোধে আলোচনা আরো সহজ সরল করার আশা রাখি।

যাদের প্রচেষ্টায় বইটি প্রকাশ হল, হাসান বুক হাউসের স্বত্বাধিকারী প্রফেসর মোহাম্মদ আবুল হাসান ও অধ্যাপক ভক্তিময় সরকার এবং কর্মকর্তা ও কর্মচারীবৃন্দ– এদের সার্বিক সহযোগিতার কথা কৃতজ্ঞচিত্তে স্মরণ করছি।

ভবিষ্যতেও এ পুস্তকের অধিকতর উৎকর্ষ সাধনের জন্য যে কোন উপদেশ আমরা আনন্দ ও শ্রদ্ধার সাথে মূল্যায়ন করব।

**"উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন– প্রথম পত্র"** বইটি রসায়ন-এর শিক্ষক ও সুকোমল ছাত্র-ছাত্রীদের হাতে তুলে দিতে পেরে আনন্দ অনুভব করছি।

বিনীত

আগস্ট, ১৯৯৮ ইং

ড. সরোজ কান্তি সিংহ হাজারী

ও

অধ্যাপক হারাধন নাগ

pdfcorner.com

http://pdfcorner.com

# পাঠ্যসূচি

## উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন ঃ প্রথম পত্র

### বিষয়বস্তু

১. **পদার্থের অবস্থা ঃ** বস্তুর তিন অবস্থা (কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়); গ্যাসের সূত্রসমূহ এবং এদের ব্যবহার করে গণনা; গ্যাসের গতিতত্ত্ব সম্বন্ধে প্রাথমিক ধারণা; আদর্শ ও বাস্তব গ্যাস, তরল ও তরলের বাষ্পীয় চাপের উপর তাপমাত্রা প্রভাবকে গতিতত্ত্বের আলোকে আলোচনা; কঠিন পদার্থের প্রকৃতি; একক কোষ; সাধারণ ধাতুসমূহের কেলাস আকার এবং NaCl এবং CsCl এর কেলাস প্রকৃতি।

২. **পরমাণুর গঠন ঃ** ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ; পরমাণুর মূল কণিকাসমূহ; রাদারফোর্ড ও বোরের এটম মডেল; আপেক্ষিক; আণবিক; আইসোটোপিক ও পারমাণবিক ভর; মৌলের তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ও এদের ব্যবহার। কোয়ান্টাম সংখ্যা; পলির বর্জন নীতি; ইলেকট্রনিক বিন্যাস, বক্স বিন্যাস; s ও p অর্বিটালের আকৃতি; আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি।

৩. **পর্যায় সারণি ঃ** নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র; লুথার মেয়ার ও মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র। ইলেকট্রনের বিন্যাস এবং আধুনিক পর্যায় সারণিতে ইলেকট্রনের বিন্যাস অনুসারে মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাজন। পর্যায় সারণি এবং সে অনুযায়ী মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাজন।

৪. **রাসায়নিক গণনা ঃ** স্থূল সংকেত; আণবিক সংকেত; অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা; মোলের ধারণা; এই সম্পর্কিত গাণিতিক জ্ঞান আহরণ; রাসায়নিক সমীকরণ ও অম্ল-ক্ষারভিত্তিক বিভিন্ন প্রণালীর গণনা।

৫. **জারণ-বিজারণ ঃ** জারণ-বিজারণ; জারক ও বিজারকের বিভিন্ন ধরনের সংজ্ঞা; জারণ সংখ্যা; জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া; পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট; পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট; আয়োডিন থায়োসালফেটের বিভিন্ন বিক্রিয়া; জারণ-বিজারণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা।

৬. **রাসায়নিক বন্ধন ঃ** পরমাণুর পরস্পর বন্ধনের শক্তিসমূহের প্রকৃতি; বিভিন্ন ধরনের বন্ধন; যথা-আয়নিক, সমযোজী, সন্নিবেশ সমযোজী, ধাতব; বন্ধন ধরনের সঙ্গে যৌগের/ধাতুর ধর্মের সম্পর্ক (উদাহরণসহ); হাইড্রোজেন বন্ধন ও সংশ্লিষ্ট যৌগসমূহের ধর্ম; হাইব্রিডাইজেশন (সংকরণ); দ্রবণে আয়নের জলযোজনের প্রকৃতি ও পানিতে আয়নিক যৌগের দ্রাব্যতা; সরল যৌগসমূহের অণুর আকৃতি (৪ জোড়া ইলেকট্রন পর্যন্ত)।

৭. **রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির রূপান্তর ঃ** রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির রূপান্তর। তাপ শোষণকারী ও তাপ উৎপাদনকারী বিক্রিয়াসমূহের উদাহরণ; কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার এনথালপির পরিবর্তন; শক্তির অবিনশ্বরতা; হেসের সূত্র; দহন তাপ; প্রশমন তাপ; বাষ্পীকরণ তাপ; সহজ পদ্ধতিতে বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপীয় পরিবর্তন হিসাব; হেসের সূত্র প্রয়োগ করে সহজ শক্তি ছক (energy diagram) হতে এনথালপি পরিবর্তনের হিসাব।

৮. **তরল-তরল দ্রবণ ঃ** সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরলযুগলের দ্রবণ; রাউল্টের সূত্র; বাষ্পচাপ-সংযুক্তি এবং স্ফুটনাঙ্ক সংযুক্তির লেখচিত্রসমূহ; আংশিক পাতন; রাউল্টের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ও তার কারণ।

৯. **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ঃ** সাম্যাবস্থা ও এর গতিশীলতা; কতিপয় উভয়মুখী বিক্রিয়া যেমন তাপের সাহায্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, আর্দ্র কপার সালফেট ইত্যাদির পরিবর্তন; তরলে কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা ইত্যাদি। গ্যাসীয় অবস্থার সাম্যাবস্থা ও সাম্যাবস্থা দ্রবণে Kp এবং Kc হিসাব করা (ভরের সূত্র প্রয়োগ করে উপপাদন); সহজ প্রক্রিয়াসমূহ যাতে বিযোজন হয় যেমন $N_2O_4$, HI, $PCI_5$, $COCl_2$ ইত্যাদি প্রক্রিয়ার রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ব্যাখ্যা; গাঢ়ত্ব, তাপ, চাপ, প্রভাবক ইত্যাদির প্রভাব ও লা শ্যাটেলিয়ারের নীতি; গুরুত্বপূর্ণ বাণিজ্যিক পদ্ধতিসমূহে সাম্যাবস্থা (উদাহরণ-অ্যামোনিয়া ও সালফিউরিক এসিড প্রস্তুতি)।



http://pdfcorner.com

১৪. **অম্ল–ক্ষারক সাম্যাবস্থা ঃ** ব্রনস্টেড–লাউরির সূত্রের সংজ্ঞা; অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক; প্রশমন বিক্রিয়া; দ্রবণের pH; অম্ল, ক্ষারক ও বাফার দ্রবণের pH; গণনার পদ্ধতি; নির্দেশক; টাইট্রেশন; সহজ অম্ল ক্ষারক টাইট্রেশন; শিল্পক্ষেত্রে জৈবিক পদ্ধতিতে এবং বিশ্লেষণিক রসায়নে বাফার দ্রবণের গুরুত্ব আলোচনা।

১১. **তড়িৎ পরিবাহিতা ও তড়িৎ বিশ্লেষণ ঃ** তড়িৎ পরিবাহিতা; গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা; ফ্যারাডের সূত্র ও এর ব্যবহার; বিদ্যুৎ অপরিবাহী বস্তুসমূহ; তড়িৎ বিশ্লেষণ; শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রয়োগ।

১২. **তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ** জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া হতে ইলেকট্রোড পোটেনশিয়াল $E^\circ$ নির্ণয়; ই. এম. এফ. [E. M. F] নির্ণয়; কতিপয় সাধারণ তড়িৎ রাসায়নিক সেলের গঠন; প্রাইমারি সেল, শুষ্ক কোষ বা ব্যাটারি, সঞ্চয় ব্যাটারি ইত্যাদি; pH মিটার ব্যবহার করে কোন দ্রবণের অম্লত্ব নির্ণয় পদ্ধতি ও এর ব্যাখ্যা।

১৩. **রাসায়নিক গতিবিদ্যা (বিক্রিয়ার হার বা বেগ) ঃ** বিক্রিয়ার গতি; বিক্রিয়ার গতি প্রভাবান্বিত করার উপায়; বিক্রিয়ার ক্রম; বিক্রিয়ার আণবিকত্ব; শূন্যক্রমের বিক্রিয়া; প্রথম ক্রমের বিক্রিয়া; দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়া; পরীক্ষালব্ধ ডাটা ও বিক্রিয়াক্রম হিসেব; বিক্রিয়ার গতির উপর তাপ, চাপ ও প্রভাবকের প্রতিক্রিয়া; প্রভাবক বিবর্ধক; প্রভাবক বিষ ইত্যাদি। জৈব প্রভাবক এনজাইমের ব্যবহার; কতিপয় গুরুত্বপূর্ণ শিল্পে ও বায়োলজিক্যাল প্রক্রিয়ায় প্রভাবকের ব্যবহারজনিত সুফল আলোচনা।

১৪. **মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম ঃ** পরমাণুর ইলেকট্রন সজ্জা এবং পর্যায় সারণি; মৌলের ভৌত ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন; সারণির তৃতীয় পর্যায়ে (সোডিয়াম থেকে ক্লোরিন) মৌলসমূহের ধর্মের পরিবর্তনের ধারা; বিশেষত অক্সিজেন, ক্লোরিন এবং পানির সাথে বিক্রিয়া; তাদের অক্সাইডসমূহের সংকেত ও অম্লীয়/ক্ষারকীয় ধর্ম এবং ক্লোরাইডসমূহের সংকেত ও পানির সাথে বিক্রিয়া।

১৫. **নিষ্ক্রিয় গ্যাস ঃ** নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উৎস; ভৌত ধর্ম এবং ইলেকট্রন সজ্জা। রাসায়নিক বন্ধনে এর গুরুত্ব; নিষ্ক্রিয়তা; নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যৌগসমূহ; ব্যবহার।

১৬. **গ্রুপ–IA ও গ্রুপ–IIA মৌলসমূহের রসায়ন ঃ** s-ব্লক মৌলসমূহের উৎস; ইলেকট্রন সজ্জার প্রেক্ষিতে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম; আয়নীকরণ শক্তি; হাইড্রোজেন; অক্সিজেন; ক্লোরিন ও পানির সাথে মৌলের বিক্রিয়া; পানির সাথে অক্সাইডসমূহের বিক্রিয়া; জারণ সংখ্যা, যৌগসমূহের দ্রাব্যতা প্রবণতা এবং তাপসহতা; শিখার বর্ণ; সোডিয়াম; সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড; সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম ক্লোরেট (I) এর শিল্প উৎপাদন ও ব্যবহার।

১৭. **গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের রসায়ন ঃ** উৎস; মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম; বোরন, অ্যালুমিনিয়াম, কার্বন, সিলিকন ও লেডের অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড; বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ ও অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন; বোরন; অ্যালুমিনিয়াম; কার্বন ও সিলিকন ক্লোরাইডসমূহের আর্দ্রবিশ্লেষণ; জারণ অবস্থা; কার্বন; সিলিকন; জারমেনিয়াম ও সিলিকেটের ব্যবহার।

http://pdfcorner.com

## ২০১৩ সাল থেকে অনুষ্ঠিতব্য উচ্চ মাধ্যমিক সার্টিফিকেট পরীক্ষার্থীদের জন্য প্রযোজ্য

## সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন পদ্ধতির নির্দেশিকা

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারের শিক্ষা মন্ত্রণালয় শাখা-১১ থেকে ৫ই জুলাই ২০১১ তারিখের স্মারক সংখ্যা-শিম/শাঃ১১/বিবিধ-৬/২০০৪ (অংশ)/৩০৯ মতে জারিকৃত প্রজ্ঞাপন অনুসারে ২০১৩ সাল থেকে এইচ.এস.সি পরীক্ষায় রসায়ন বিষয়ে সৃজনশীল প্রশ্ন পদ্ধতিতে পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হবে।

এইচ.এস.সি শ্রেণীর শিক্ষার্থীদের জ্ঞাতার্থে এবং অধ্যাপকবৃন্দের প্রশ্নপত্র প্রণয়ন ও মান বণ্টনের সুবিধার্থে কিছু নির্দেশিকা দেয়া হল। প্রতি অধ্যায়ের অনুশীলনীতে সৃজনশীল প্রশ্ন পদ্ধতির উপযুক্ত 'উদ্দীপক' (stem) বা 'দৃশ্যকল্প' (scenario) বা 'কাঠামো' (situation) সহকারে নতুন মডেল প্রশ্ন এবং তিন শ্রেণীভুক্ত বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ) উত্তরসহ সংযোজন করা হল। এতে অধ্যাপকবৃন্দ নিজের চিন্তা সহকারে অনুরূপ প্রশ্ন তৈরি করে পরীক্ষা নিতে সহায়ক হবে।

### প্রশ্নপত্রের ধারা ও মান বণ্টন নিম্নরূপ ঃ
### বিষয় ঃ রসায়ন (তত্ত্বীয়) ১ম পত্র-৭৫ নম্বর

**ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন (৪টি স্তরবিশিষ্ট) ঃ ৪০ নম্বর**

মোট ৬টি প্রশ্ন থাকবে। যে কোন ৪টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে। ৪ × ১০ = ৪০

প্রতিটি প্রশ্নের ক্ষেত্রে একটি উপযুক্ত 'উদ্দীপক' (stem) বা 'দৃশ্যকল্প' (scenario) বা 'কাঠামো' (situation) থাকবে। এরপর ক, খ, গ, ঘ অংশ মিলে উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট মোট ৪টি প্রশ্ন হবে। মোট নম্বর হবে ১০। যেমন- জ্ঞানস্তর (memory)-১, অনুধাবন স্তর (understanding)-২, প্রয়োগ দক্ষতাস্তর (application)-৩, উচ্চতর চিন্তন দক্ষতাস্তর (higher thinking ability)-৪।

**খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ) ঃ ৩৫ নম্বর**

এক্ষেত্রে মোট ৩৫টি প্রশ্ন থাকবে। প্রতিটি প্রশ্নের মান ০১ নম্বর। ৩৫ × ১ = ৩৫

**MCQ এর বেলায় স্তরভিত্তিক প্রশ্নসংখ্যা ঃ** জ্ঞান, অনুধাবন, প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতা মূল্যায়নের জন্য মোট প্রশ্নের যথাক্রমে ৪০%, ৩০%, ২০% ও ১০% প্রশ্ন থাকবে। জ্ঞান ও অনুধাবন স্তর মিলে (১৪+১১) = ২৫টি MCQ (৭০%) এবং প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতাস্তর মিলে (৭+৩) = ১০টি MCQ (৩০%) অন্তর্ভুক্ত থাকবে।

**ব্যবহারিক** = ২৫

| | |
|---|---|
| দুটি পরীক্ষণ (৮ + ৭) | = ১৫ |
| ব্যবহারিক খাতা | = ৫ |
| মৌখিক | = ৫ |

**সর্বমোট = ১০০**

http://pdfcorner.com

## অধ্যাপকবৃন্দের জন্য নির্দেশিকা

**ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন ঃ** প্রত্যেক প্রশ্নে নিম্নোক্ত স্তরের প্রশ্ন যুক্ত হবে ঃ

**(১) জ্ঞানস্তর** (memory) ঃ স্মৃতি শক্তি বা স্মরণ করার ক্ষমতা জ্ঞাপক; এ অংশে প্রশ্নটি হবে অতি সহজ। এ প্রশ্ন থেকে পঠিত বিষয়ে শিক্ষার্থীর স্মরণ করার ক্ষমতা অর্জন জানা যাবে। এ জাতীয় প্রশ্নে সংজ্ঞা, কী (what), কে (who), কখন (when), কোথায় (where), কী বোঝ, কাকে বলে ইত্যাদি প্রশ্নবোধক শব্দ দিয়ে প্রশ্ন করা হয়। এ প্রশ্নটিতে 'উদ্দীপক' বা দৃশ্যকল্প সংশ্লিষ্ট বা ব্যতিক্রমও হতে পারে।

**(২) অনুধাবনস্তর** (understanding) ঃ পঠিত বিষয়বস্তু বুঝেছে কিনা যাচাই করা; এ অংশের উত্তর শিক্ষার্থীকে বিষয়বস্তু বুঝে লিখতে হয়। প্রদত্ত প্রশ্নে 'দৃশ্যকল্প', 'উদ্দীপক', চিত্র, চার্ট বা সারণি বা সমীকরণ দেওয়া হয়। তা হতে বিষয়বস্তুর ব্যাখ্যা চাওয়া হয়। এ ক্ষেত্রে 'কী বোঝায়' তা 'ব্যাখ্যা কর' বা 'বর্ণনা কর' ইত্যাদি শব্দ দিয়ে প্রশ্ন করা হয়।

**(৩) প্রয়োগ দক্ষতাস্তর** (application) ঃ পাঠ্যপুস্তক থেকে অর্জিত 'জ্ঞান' ও 'অনুধাবন'কে নতুন উদ্দীপক ও দৃশ্যকল্প বা কাঠামো মতে প্রয়োগ করার ক্ষমতা অর্জন। এতে পাঠ্যপুস্তক থেকে অর্জিত জ্ঞান ও অনুধাবন মতে—তত্ত্ব, পদ্ধতি, গণনা, গ্রাফ অঙ্কন, 'সমস্যাটি সমাধান কর' তত্ত্বীয়ভাবে 'ব্যাখ্যা কর' বা 'প্রমাণ কর' ইত্যাদি শব্দ দিয়ে প্রশ্ন করা হয়।

**(৪) উচ্চতর চিন্তন দক্ষতাস্তর** (higher thinking ability) ঃ এ অংশে 'উদ্দীপক' বা 'দৃশ্যকল্প' ভিত্তিক শিক্ষার্থীর চিন্তন দক্ষতার উচ্চতর সামর্থ্য যাচাই করা হয়। এ প্রশ্নটি উদ্দীপক ও পাঠ্য বিষয়ের সমন্বয়ে করা হয়। 'উচ্চতর চিন্তন দক্ষতা' বলতে কোন বিষয়বস্তুর 'বিশ্লেষণ' (বিশেষ থেকে সাধারণ) ও 'সংশ্লেষণ' (সাধারণ থেকে বিশেষ) এবং উদ্দীপক বা দৃশ্যকল্পভিত্তিক মূল্যায়ন ও সিদ্ধান্ত গ্রহণ ক্ষমতাকে বোঝায়। এ অংশের প্রশ্নে 'বিশ্লেষণ কর', 'মূল্যায়ন কর', যথার্থতা নিরূপণ কর, ব্যাখ্যা কর, 'যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর', 'তুলনা কর' ইত্যাদি শব্দ দিয়ে প্রশ্ন করা হয়।

(১) সৃজনশীল প্রশ্নটিতে 'ক', 'খ', 'গ', 'ঘ' ইত্যাদি অংশের মধ্যে একের অধিক অধ্যায় থেকে সম্পর্কযুক্ত প্রশ্ন থাকতে পারে। উদ্দীপকটি হবে মৌলিক (unique)। উদ্দীপক হিসেবে সরাসরি পাঠ্যপুস্তকের কোন অংশ বা অনুচ্ছেদ ব্যবহার করা যাবে না।

(২) পাঠ্যপুস্তকের একটি অধ্যায়ের আলোকে অথবা একাধিক অধ্যায়ের সমন্বয় করে উদ্দীপক তৈরি করা যাবে।

(৩) উদ্দীপক তৈরির সময় উপরোক্ত দক্ষতার স্তরসমূহকে বিবেচনায় রেখে পরিস্থিতি নির্বাচন করতে হবে।

**খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)**

বহুনির্বাচনি প্রশ্নেরও একটি উদ্দীপক বা দৃশ্যকল্প বা সূচনা বক্তব্য (stem/scenario/situation) থাকবে। এর ভিত্তিতে কতগুলো বিকল্প উত্তর (options) দেওয়া থাকবে। এদের মধ্যে একটি সঠিক উত্তর (key) এবং অন্যগুলো বিক্ষেপক (distracters) বা সঠিক উত্তর নয়। এগুলো এমনভাবে প্রণয়ন করা হয় যেন যেসব পরীক্ষার্থীর ঐ বিষয় সম্বন্ধে সুস্পষ্ট জ্ঞান নেই, তাদের বিভ্রান্ত হওয়ার খুব সম্ভাবনা থাকে।

http://pdfcorner.com

**বহুনির্বাচনি প্রশ্নের প্রকারভেদ ঃ** বহুনির্বাচনি প্রশ্ন নিম্নোক্ত তিন ধরনের হয় ঃ

১। **সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ** জ্ঞানস্তর যাচাই করার জন্য সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে প্রশ্নবোধক বাক্য বা অসম্পূর্ণ বাক্য উদ্দীপকরূপে কাজ করে। এরপরে থাকে কিছু বিকল্প উত্তর, যার মধ্যে **একটি মাত্র সঠিক উত্তর** থাকে। অনুধাবন স্তর যাচাই করতেও এ ধরনের প্রশ্ন হতে পারে।

২। **বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion MCQ) ঃ** শিক্ষার্থীর অনুধাবন, প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতা যাচাই করার জন্য এ ধরনের প্রশ্ন ব্যবহৃত হয়। উদ্দীপক হিসেবে এ ধরনের প্রশ্নের শুরুতে বাক্যাংশের পর ৩টি তথ্য/বিবৃতি/ধারণা দেওয়া হয়। এক্ষেত্রে ৩টি তথ্য/বিবৃতি/ধারণার মধ্যে ১টি/২টি/৩টি সঠিক হতে পারে। এ তথ্যসমূহকে সাজিয়ে ৪টি বিকল্প উত্তর দেওয়া হয়। শিক্ষার্থীকে এ ৪টি বিকল্প উত্তর থেকে **১টি সঠিক উত্তর** বাছাই করতে হবে।

৩। **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set MCQ) ঃ** এরূপ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন একটি উদ্দীপক/দৃশ্যকল্প/সূচনা বক্তব্য (stem/scenario/situation) দিয়ে শুরু করা হয়। এ থেকে পরস্পর সম্পর্কযুক্ত কয়েকটি প্রশ্ন করা হয়। উদ্দীপকরূপে সংক্ষিপ্ত অনুচ্ছেদ, সারণি, লেখচিত্র ব্যবহৃত হতে পারে। উদ্দীপকের উপর ভিত্তি করে প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতা স্তরের যাচাই করার জন্য এরূপ প্রশ্ন ব্যবহৃত হয়। অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহু নির্বাচনি প্রশ্নের ক্ষেত্রে উদ্দীপকটি শিক্ষার্থীর নিকট এমন নতুন পরিস্থিতি সৃষ্টি করে যে ঐ শিক্ষার্থী তার পাঠ্যপুস্তকের জ্ঞান ও অনুধাবন প্রয়োগ করে নতুন পরিস্থিতি বিশ্লেষণ, যুক্তি প্রদর্শন, সিদ্ধান্ত গ্রহণ ও মূল্যায়ন করতে পারে।

## সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্নের উত্তরের জন্য নম্বর বণ্টন প্রক্রিয়া

একটি সৃজনশীল প্রশ্নের চারটি অংশ যেমন– জ্ঞানমূলক, অনুধাবনমূলক, প্রয়োগমূলক ও উচ্চতর দক্ষতামূলক প্রশ্ন থাকবে। এদের নম্বর বণ্টনের নমুনা প্রক্রিয়াটি দেখানো হল ঃ

**(ক) জ্ঞানমূলক প্রশ্ন** ঃ সংজ্ঞা, কাকে বলে (উদাহরণ দাও) = ১

**(খ) অনুধাবনমূলক প্রশ্ন** ঃ বর্ণনা কর, ব্যাখ্যা কর উদাহরণসহ, কী বোঝায় = (১ + ১) = ২
[উদ্দীপক মতে তথ্যের ব্যাখ্যা = ১, তথ্যের স্মরণ (জ্ঞানস্তর) = ১]

**(গ) প্রয়োগ দক্ষতাস্তর** ঃ উদ্দীপক মতে, তত্ত্বীয় অনুধাবন ব্যাখ্যাসহ ও তথ্যের স্মরণ = (১ + ১ + ১) = ৩

**(ঘ) উচ্চতর চিন্তন দক্ষতাস্তর** ঃ উদ্দীপক মতে, বিশ্লেষণ বা সংশ্লেষণ করে বিষয়বস্তুর তথ্য অনুধাবন উদ্দীপক মতে প্রয়োগ, তথ্যের ব্যাখ্যা ও তথ্য স্মরণ = [(১ + ১) + ১ + ১] = ৪
[সংশ্লেষণ বা বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা = ২, অনুধাবন = ১, তথ্যের স্মরণ = ১]

http://pdfcorner.com

http://pdfcorner.com

# সূচিপত্র

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারের শিক্ষা মন্ত্রণালয়ের ২৯-১২-২০১১ ইং তারিখের প্রজ্ঞাপন মতে ও শিক্ষা বোর্ডের উচ্চ মাধ্যমিক সার্টিফিকেট পরীক্ষা ১লা এপ্রিল থেকে শুরু এবং একাদশ শ্রেণির শ্রেণি কার্যক্রম ১লা জুলাই থেকে-এ মর্ম মতে সরকারি ছুটি বাদে এর মধ্যবর্তী সম্ভাব্য শ্রেণি কার্যক্রম সংখ্যা ১৩০-১৩৫ লেকচার হিসাবে ১৭টি অধ্যায়ভিত্তিক শ্রেণিতে পাঠদানে তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ও সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনার জন্য পিরিয়ড সংখ্যা নিম্নরূপে বণ্টন করা যেতে পারে।


**বিষয়** **পৃষ্ঠা**

**অধ্যায় ১ ঃ পদার্থের অবস্থা** ... ... **১—৯০**

(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ১৫; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ১
পদার্থ ও পদার্থের অবস্থা ১
তরল স্ফটিক ও প্লাজমা ২
পদার্থের অবস্থাভেদের কারণ ৩
গ্যাসীয় অবস্থা ৬
গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার একক ৬
গ্যাসের সূত্রসমূহ ৮
বয়েলের সূত্র ৮
বয়েলের সূত্র প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান ৯
নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্বের উপর চাপের প্রভাব ১১
চার্লসের সূত্র ১১
লেখচিত্রের সাহায্যে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তনের ব্যাখ্যা ১২
পরমশূন্য তাপমাত্রা এবং এর তাৎপর্য ১২
পরম তাপমাত্রা স্কেল ১৩
কেলভিন বা পরম তাপমাত্রা স্কেল অনুসারে চার্লস সূত্রের প্রতিপাদন ও বিবৃতি ১৪
নির্দিষ্ট চাপে গ্যাসের ঘনত্বের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ১৫
বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় ১৬
গ্যাসের ঘনত্বের উপর তাপমাত্রা ও চাপের যুক্ত প্রভাব ১৬
অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ১৭
অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ১৭
বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সমন্বয় ১৮
আদর্শ গ্যাস সমীকরণের বিভিন্ন রূপ ১৯
আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ব্যবহার ১৯
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R এর মাত্রা ও তাৎপর্য ২০
বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মান গণনা ২১
বোলট্‌জম্যান ধ্রুবক ২২
গে-লুস্যাকের গ্যাসের চাপের সূত্র ২২
আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান ২২
ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র ২৭
ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ ২৮
ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের প্রয়োগ ২৯
ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান ৩০
গ্যাস ব্যাপন ৩৩
গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র ৩৪
গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের সাহায্যে আণবিক ভর নির্ণয় ৩৫
গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান ৩৬
গে-লুস্যাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ৩৭
হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয় ৩৮
গ্যাসের গতিতত্ত্ব ৪১
গ্যাসের বিভিন্ন প্রকারের আণবিক গতিবেগ ৪৩


http://pdfcorner.com

গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে গ্যাসীয় সূত্রসমূহের উপপাদন ৪৪
গ্যাসের অণুর গতিবেগ হিসাবকরণ ৪৭
গ্যাসীয় অণুর গতিশক্তি হিসাবকরণ ৪৯
গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগ সংক্রান্ত কিছু পর্যালোচনা ৫০
গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগের বিতরণ ৫১
আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস ৫২
আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের পার্থক্য ৫২
বাস্তব গ্যাসসহ অ্যামাগা'র পরীক্ষা ৫৩
আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণ ৫৪
গ্যাস–তরল পরিবর্তন ঃ গ্যাস তরলীকরণ ৫৬
অ্যানড্রুজের পরীক্ষা ঃ গ্যাসের ক্রান্তি তাপমাত্রার ধারণা ৫৬
গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি বা সংকট অবস্থা ৫৭
গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য ৫৮
গ্যাসের তরলীকরণ ৫৮
পদার্থের তরল অবস্থা ৬০
তরল পদার্থের বাষ্পচাপ ৬০
পদার্থের কঠিন অবস্থা ৬১
কেলাসের একক কোষ ও কেলাস জালি ৬১
কেলাসের শ্রেণীবিভাগ ৬২
ধাতুসমূহের কেলাস গঠন ৬২
ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম ৬৫
আয়নিক যৌগের কেলাস গঠন ৬৭
কেলাসের ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়মভিত্তিক গণনা ৬৯
NaCl ও CsCl এর কেলাস গঠনের তুলনা ৭০
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৭১
অনুশীলনী–১ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৭৪
সৃজনশীল প্রশ্ন ৮২

**অধ্যায় ২ ঃ পরমাণুর গঠন ... ... ৯১—১৪৫**

(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ১০; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৯১
ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ ৯১
ডালটনের পারমাণবিক মতবাদের সীমাবদ্ধতা বা ত্রুটিসমূহ ৯২
পরমাণু ও পরমাণুর মূল কণিকাসমূহ ৯২
পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ভর সংখ্যা ৯৪
আইসোটোপ ৯৪
আইসোবার ও আইসোটোন ৯৫
পরমাণুর ভর ও আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর ৯৫
আইসোটোপের আপেক্ষিক পরিমাণ ও মৌলের পারমাণবিক ভর ৯৬
পরমাণুতে প্রোটন, ইলেকট্রন ও নিউট্রন সংখ্যার সম্পর্ক ৯৭
রাদারফোর্ড কর্তৃক আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা ৯৮
পরমাণু মডেল ৯৯
রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল ৯৯
রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা ১০০
আলোক কী ১০০
আলোক সম্পর্কিত প্লাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্ব ১০২
বর্ণালী ও পারমাণবিক বর্ণালী ১০৩
বোর পরমাণু মডেল ১০৬
বোর পরমাণু মতবাদ অনুসারে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্যাখ্যা ১০৭
বোর পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা ১০৭
পরমাণুর গঠন সম্পর্কে তরঙ্গ বলবিদ্যা ১০৮
কোয়ান্টাম সংখ্যাসমূহ ১১০
অরবিট ও অরবিটাল ১১৩
অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য ১১৫
নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে মোট অরবিটাল সংখ্যা গণনা ১১৬
পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ১১৭
মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ১২০
পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ও মৌলের সক্রিয়তা ধর্ম ১২৪
মৌলের তেজস্ক্রিয়তা ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ১২৫
তেজস্ক্রিয় বিকিরণসমূহ ও তাদের ধর্ম ১২৬
$\alpha$, $\beta$ ও $\gamma$ রশ্মির বিকিরণে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ১২৭
নিউক্লীয় বিক্রিয়া ১২৮
নিউক্লীয় বিক্রিয়ার প্রয়োগ বা ব্যবহার ১২৯
নিউক্লীয় বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ ১২৯
নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান–এর মধ্যে পার্থক্য ১৩১
রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য ১৩১
তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার ১৩১
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ১৩৩
অনুশীলনী–২ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ১৩৫
সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩৯

http://pdfcorner.com

**অধ্যায় ৩ ঃ পর্যায় সারণি ... ... ১৪৬—১৭৪**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৪; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ১৪৬
পর্যায় সারণির প্রাথমিক ইতিহাস ১৪৬
মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র ও প্রথম পর্যায় সারণি ১৪৮
মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির সাফল্য বা উপকারিতা ১৫১
মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির ত্রুটিসমূহ ১৫২
আধুনিক পর্যায় সূত্র ১৫৩
আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি ও এর বৈশিষ্ট্য ১৫৪
মৌলের পর্যায়বৃত্ততা ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস ১৫৭
ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ ১৫৮
আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির ত্রুটি ১৬০
পর্যায় সারণি, পরমাণুর ইলেকট্রনিক গঠন ও তাদের রাসায়নিক ধর্ম ১৬০
পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান ১৬১
পর্যায় সারণিতে একটি মৌলের একটি মাত্র স্থান ১৬২
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ ও পর্যায় সারণিতে তাদের অবস্থান ১৬২
ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান নির্ণয় ১৬৪
সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি ১৬৫
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ১৬৭
অনুশীলনী–৩ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ১৬৭
সৃজনশীল প্রশ্ন ১৬৯

**অধ্যায় ৪ ঃ রাসায়নিক গণনা ... ... ১৭৫—২১৭**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৬; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ১৭৫
যৌগের আণবিক সংকেত হতে তার শতকরা সংযুক্তি গণনা ১৭৫
স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত ১৭৭
স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য ১৭৮
গ্রাম–পারমাণবিক ভর ও মোল ১৮০
মোল–এর ধারণার উৎপত্তি ১৮১
অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক ১৮১
গ্যাসের মোলার আয়তন ১৮২
মোল, মোলার আয়তন ও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাভিত্তিক গণনা ১৮৩
রাসায়নিক সমীকরণ ১৮৪
সুষম সমীকরণ লেখার পদ্ধতি ১৮৫
আয়নিক সমীকরণ ১৮৬
রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভর ও আয়তনভিত্তিক গণনা ১৮৭
অম্ল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ১৯১
দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন একক ১৯১
মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি ১৯১
বিভিন্ন ঘনমাত্রার মোলার দ্রবণ প্রস্তুতি ঃ প্রমাণ দ্রবণ ১৯৩
মোলাল দ্রবণ ও মোলালিটি ১৯৪
শতকরা হার হিসেবে দ্রবণের ঘনমাত্রা ১৯৫
মোল ভগ্নাংশ ১৯৬
দ্রবণের আয়তন ও মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক, তাদের রূপান্তর ১৯৭
টাইট্রেশন বা অনুমাপন ১৯৮
অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি ২০০
প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ২০০
মোলার ঘনমাত্রা ব্যবহার করে গাণিতিক সমস্যা সমাধানের নিয়ম ২০১
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ২০৫
অনুশীলনী–৪ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ২০৬
সৃজনশীল প্রশ্ন ২১৩

**অধ্যায় ৫ ঃ জারণ–বিজারণ ... ... ২১৮—২৫৬**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৬; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ২১৮
জারণ–বিজারণের পুরাতন মতবাদ বা ধারণা ২১৮
পুরাতন মতবাদে জারক ও বিজারক ২১৯
জারণ–বিজারণ যুগপৎ ঘটে;–পুরাতন মতবাদ অনুসারে এর ব্যাখ্যা ২২০
জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ২২০



http://pdfcorner.com

ইলেকট্রন মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটে–এর ব্যাখ্যা ২২১
জারণ-সংখ্যা ২২২
আয়তনিক বিশ্লেষণে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার ব্যবহার ২৩৩
$KMnO_4$ এর সাহায্যে জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন বা অনুমাপন ২৩৩
0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রমিতকরণ ২৩৪
প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয় ২৩৫
পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা টাইট্রেশন বা অনুমাপন ২৩৫
প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয় ২৩৬
আয়োডিনযুক্ত জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন ঃ আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি ২৩৬
0.1 M সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রস্তুতকরণ ২৩৭
প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ প্রমিতকরণ ২৩৮
প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা কপার আয়নের পরিমাণ নির্ণয় ২৩৯
জারণ–বিজারণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা ২৩৯
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ২৪৫
অনুশীলনী–৫ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ২৪৬
সৃজনশীল প্রশ্ন ২৫০

## অধ্যায় ৬ ঃ রাসায়নিক বন্ধন ... ... ২৫৭—৩২৩

(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ১৩; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ২৫৭
রাসায়নিক বন্ধন ও বন্ধনের প্রকৃতি ২৫৭
রাসায়নিক বন্ধন গঠনের কারণ ২৫৮
যোজনীর ইলেকট্রনীয় মতবাদ ২৫৯
বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক বন্ধন ২৬০
আয়নিক বন্ধন বা তড়িৎযোজী বন্ধন ২৬০
আয়নিক বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় শর্ত ২৬২
আয়নিক বন্ধন গঠনের সীমাবদ্ধতা ২৬৩
আয়নিক যৌগের সাধারণ ধর্মাবলি ২৬৩
আয়নিক যৌগের সাধারণ ধর্মাবলির ব্যাখ্যা ২৬৪
সমযোজী বন্ধন ২৬৭
সমযোজী বন্ধনের সীমাবদ্ধতা ঃ অষ্টক নিয়মের ব্যতিক্রম ২৬৯
সমযোজী বন্ধনে দুইএর নিয়ম ২৭১
সমযোজী যৌগসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি ২৭২
সমযোজী যৌগসমূহের সাধারণ ধর্মাবলির ব্যাখ্যা ২৭২
সমযোজী বন্ধন গঠনের আধুনিক মতবাদ ২৭৪
সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন ২৭৫
আয়নিক যৌগ ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের তুলনা ২৭৭
সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন বা সন্নিবেশ বন্ধন ২৭৮
সন্নিবেশ বন্ধন, সমযোজী বন্ধনের বিশেষ রূপ ২৭৯
সন্নিবেশ বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্মাবলি ২৮০
একই যৌগে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনের উপস্থিতি ২৮১
তড়িৎ ঋণাত্মকতা ও সমযোজী বন্ধনের পোলারিটি ২৮২
সমযোজী যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য ঃ তড়িৎ ঋণাত্মকতার ফল ২৮৩
আয়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন ২৮৪
আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ঃ ফাজানের নিয়ম ২৮৪
আয়নিক পটেনশিয়াল ২৮৬
বিভিন্ন লবণের ধর্মের উপর পোলারায়নের প্রভাব ২৮৬
ধাতব বন্ধন ২৮৮
আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ঃ ভ্যানডার ওয়াল্‌স বল ২৮৯
হাইড্রোজেন বন্ধন ২৯৩
বরফের গঠন ২৯৭
অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন ২৯৮
$sp^3$ সংকরণ ২৯৯
কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলের উপস্থিতিতে অণুর আকৃতিতে বিকৃতি ৩০০
$sp^2$ সংকরণ ৩০৩
sp সংকরণ ৩০৪
সমযোজী যৌগসমূহের অণুর আকৃতি ৩০৬
সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন ৩০৭
হীরকের গঠন ৩০৯
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৩১০
অনুশীলনী–৬ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৩১২
সৃজনশীল প্রশ্ন ৩১৭

http://pdfcorner.com

**অধ্যায় ৭ ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির রূপান্তর ... ৩২৪—৩৫৫**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৫; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৩২৪
রাসায়নিক পরিবর্তন ৩২৪
তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ৩২৫
তাপহারী বিক্রিয়া ৩২৫
অভ্যন্তরীণ শক্তি ৩২৬
এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ ৩২৬
বিক্রিয়ার তাপ বা এনথালপি পরিবর্তন ৩২৭
বিক্রিয়ায় তাপের উৎস ৩২৮
তাপ পরিবর্তনের এককসমূহ ৩২৮
তাপ রাসায়নিক সমীকরণ লেখার প্রচলিত রীতি ৩২৯
বিভিন্ন প্রকার এন্‌থালপি পরিবর্তন ৩২৯
তাপ রাসায়নিক সূত্রাবলি ৩৩০
হেসের সূত্রের প্রয়োগ ৩৩২
প্রমাণ গঠন এন্‌থালপি ৩৩৪
গঠন এন্‌থালপি থেকে বিক্রিয়া–এন্‌থালপি নির্ণয় ৩৩৫
বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয় ৩৩৬
দহন তাপ বা দহন এন্‌থালপি ৩৩৭
শিখা ক্যালরিমিটারে অ্যালকোহলের দহন তাপ নির্ণয় ৩৩৯
প্রশমন তাপ বা প্রশমন এন্‌থালপি ৩৩৯
প্রশমন তাপ বা এনথালপি নির্ণয় ৩৪১
দ্রবণ তাপ বা দ্রবণ এন্‌থালপি ৩৪২
লবণের দ্রবণ তাপ নির্ণয় ৩৪৩
বাষ্পীয়ভবন তাপ বা এন্‌থালপি ৩৪৩
বন্ধন এন্‌থালপি বা বন্ধন শক্তি ৩৪৩
এন্‌থালপির পরিবর্তনের চিহ্ন সর্বদা স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনের দিক নির্দেশ করে না ৩৪৫
শিল্প পদ্ধতির অত্যানুকূল অবস্থা নির্ধারণে সংশ্লিষ্ট শক্তির পরিবর্তনসমূহের গুরুত্ব ৩৪৬
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৩৪৭
অনুশীলনী–৭ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৩৪৮
সৃজনশীল প্রশ্ন ৩৫০

**অধ্যায় ৮ ঃ তরল–তরল দ্রবণ ... ... ৩৫৬—৩৮০**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৪; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৩৫৬
বাষ্পচাপের অবনমনের রাউল্টের সূত্র ৩৫৭
রাউল্টের সূত্রের বিকল্প বিবৃতি ৩৫৮
রাউল্টের সূত্র এবং তরল–তরল দ্রবণ ৩৫৮
আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ ৩৫৯
আদর্শ মিশ্রণের বাষ্পে উপাদান তরলদ্বয়ের সংযুক্তি ৩৬০
অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ ৩৬২
ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ ৩৬৩
ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ ৩৬৪
আদর্শ দ্রবণ ও অনাদর্শ দ্রবণের পার্থক্য ৩৬৪
আদর্শ দ্রবণের অনাদর্শ আচরণ ৩৬৫
তরল–তরল মিশ্রণের তরল ও বাষ্পের সংযুক্তি ৩৬৫
তরল–তরল মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক–সংযুক্তি লেখচিত্র ৩৬৬
আংশিক পাতনের তত্ত্ব ৩৬৭
তরল–তরল দ্রবণের পাতন ৩৬৮
সম বা স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ বা অ্যাজিওট্রোপিক মিশ্রণ ৩৭০
অংশীকরণ স্তম্ভের ব্যবহার ৩৭১
আংশিক পাতনের ব্যবহারিক উদাহরণ ৩৭২
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৩৭৩
অনুশীলনী–৮ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৩৭৪
সৃজনশীল প্রশ্ন ৩৭৭

**অধ্যায় ৯ ঃ রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ... ... ৩৮১—৪১৮**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৬; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৩৮১
একমুখী বিক্রিয়া ও উভমুখী বিক্রিয়া ৩৮২
উভমুখী বিক্রিয়ার আরো কয়েকটি উদাহরণ ৩৮২
উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করা ৩৮৩
সকল বিক্রিয়াই কী উভমুখী ৩৮৪
রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ৩৮৪

http://pdfcorner.com

সাম্যাবস্থার গতিশীলতা বা চলমান প্রকৃতি ৩৮৫
রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্ত বা বৈশিষ্ট্য ৩৮৬
সব রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান ৩৮৭
ভরক্রিয়া সূত্র ও সাম্যাঙ্ক বা সাম্যধ্রুবক ৩৮৭
সাম্যধ্রুবক $K_c$, $K_p$-এর বৈশিষ্ট্য ৩৮৯
$K_c$ ও $K_p$ এর মধ্যে সম্পর্ক ৩৮৯
$K_c$ ও $K_p$ এর একক ৩৯১
সাম্যধ্রুবকের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব ৩৯৩
রাসায়নিক সাম্যাবস্থার প্রকারভেদ ৩৯৪
সমসত্ত্ব সাম্যের ক্ষেত্রে ভর-ক্রিয়া সূত্রের ব্যবহার ৩৯৪
লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি ৪০২
শিল্পোৎপাদনে লা-শ্যাটেলিয়ার নীতির প্রয়োগ ৪০৫
প্রভাবক ও রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ৪০৭
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৪০৭
অনুশীলনী-৯ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৪০৯
সৃজনশীল প্রশ্ন ৪১৩

**অধ্যায় ১০ ঃ অম্ল-ক্ষারক সাম্যাবস্থা ... ... ৪১৯—৪৫৬**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৬; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৪১৯
অম্ল ও ক্ষারকের পুরাতন মতবাদ ৪১৯
অম্ল-ক্ষারকের আধুনিক মতবাদ ৪২০
অম্ল-ক্ষারকের অ্যারহেনিয়াস মতবাদ ৪২০
ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ বা প্রোটনীয় মতবাদ ৪২০
অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক ৪২১
অম্ল ও ক্ষারকের লুইস মতবাদ ৪২৩
অম্ল ও ক্ষারকের শ্রেণীবিভাগ ৪২৩
উভধর্মী যৌগ বা আয়নসমূহ ৪২৪
অম্লের শক্তি ও ক্ষারকের শক্তি ৪২৫
অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার সাথে ঘনমাত্রার সম্পর্ক ঃ অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র ৪২৭
পানির আয়নিক গুণফল ৪২৮
দ্রবণের pH ৪২৮
pH স্কেল ৪২৯
অম্লীয় দ্রবণের ও ক্ষারীয় দ্রবণের pH গণনা ৪৩০
অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশন বা অনুমাপন ৪৩২
প্রশমন রেখা ৪৩৩
তীব্র অম্ল-তীব্র ক্ষারক প্রশমন ৪৩৩
অম্ল-ক্ষারক নির্দেশকসমূহ ৪৩৫
নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের ক্রিয়া কৌশল ৪৩৫
নির্দেশক নির্বাচন ৪৩৬
লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ ৪৩৯
বাফার দ্রবণ ৪৪০
বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল ৪৪০
বাফার দ্রবণের pH গণনা ঃ হেন্ডারসন সমীকরণ ৪৪১
হেন্ডারসন সমীকরণভিত্তিক বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি ৪৪৩
pH নিয়ন্ত্রণ ও বাফার দ্রবণের গুরুত্ব ৪৪৪
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৪৪৬
অনুশীলনী-১০ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৪৪৭
সৃজনশীল প্রশ্ন ৪৫২

**অধ্যায় ১১ ঃ তড়িৎ পরিবাহিতা ও তড়িৎ বিশ্লেষণ ... ৪৫৭—৪৭৯**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৩; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৪৫৭
তড়িৎ পরিবাহিতা ৪৫৭
তড়িৎ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদ ও তাদের একক ৪৫৮
বিগলিত আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ ৪৫৯
তড়িৎ বিশ্লেষণের কৌশল ৪৬০
দ্রবণে আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ ও ইলেকট্রোড বিক্রিয়া ৪৬১
ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র ৪৬২
ফ্যারাডের সূত্রাবলির তাৎপর্য ৪৬৮
ফ্যারাডের সূত্রের প্রয়োগ ৪৭০
শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার ৪৭০
ক্ষার ধাতুসমূহের নিষ্কাশন ৪৭০
ক্লোরিন-ক্ষার উৎপাদন ৪৭১
অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন ৪৭২
ব্লিস্টার কপারের তড়িৎ বিশুদ্ধিকরণ ৪৭৩
ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন ৪৭৩
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৪৭৪
অনুশীলনী-১১ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৪৭৫
সৃজনশীল প্রশ্ন ৪৭৭


http://pdfcorner.com

**অধ্যায় ১২ ঃ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ... ... ৪৮১—৫১৪**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৫; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৪৮১
তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ ডেনিয়েল সেল বা কোষ ৪৮১
বিভিন্ন প্রকার অর্ধকোষ ও বিক্রিয়া ৪৮৩
তড়িৎদ্বার ও তড়িৎকোষ লেখার সাংকেতিক চিহ্ন ও রীতি ৪৮৪
লবণ সেতু ৪৮৬
তড়িৎদ্বার বিভবের উৎস ঃ নার্নস্ট-তত্ত্ব ৪৮৭
প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ৪৮৮
ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার ৪৯০
H তড়িৎদ্বার দ্বারা বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় ৪৯১
তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ ৪৯২
তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল সম্পর্কীয় নার্নস্ট সমীকরণ ৪৯৩
তড়িৎকোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা ৪৯৫
উভমুখী বা পরাবর্ত কোষ ও একমুখী বা অপরাবর্ত কোষ ৪৯৭
দ্রবণের pH নির্ণয় ৪৯৯
pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয় ৪৯৯
ধাতুর ক্ষয় ও অপরিবর্তী অ্যানোডীয় প্রতিভাস ৫০১
ধাতুর ক্ষয়রোধে তড়িৎদ্বার বিভব প্রয়োগ ৫০১
প্রাইমারি সেল বা প্রাথমিক কোষ ৫০২
গৌণ কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ ৫০৩
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৫০৫
অনুশীলনী-১২ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৫০৬
সৃজনশীল প্রশ্ন ৫০৯

**অধ্যায় ১৩ ঃ রাসায়নিক গতিবিদ্যা ... ... ৫১৫—৫৬৩**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৯; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ২ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৫১৫
বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ ৫১৬
বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের বিভিন্ন পরীক্ষামূলক পদ্ধতি ৫১৭
বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামকসমূহ ৫২০
বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ও এর ব্যাখ্যা ৫২০
বিক্রিয়ার হারের উপর চাপের প্রভাব ৫২২
বিক্রিয়ার হার সূত্র বা হার সমীকরণ ৫২৪
বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ৫২৫
মৌলিক বিক্রিয়া ও সার্বিক বিক্রিয়া ৫২৫
আণবিকত্ব ও বিক্রিয়ার ক্রম ৫২৫
বিক্রিয়ার আণবিকত্ব ও ক্রমের মধ্যে পার্থক্য ৫২৭
শূন্য ক্রম বিক্রিয়া ৫২৭
প্রথম ক্রম বিক্রিয়া ৫২৮
প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য ৫২৯
প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার উদাহরণ ৫৩১
দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া ৫৩৪
দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অন্যান্য উদাহরণ ৫৩৬
দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার কতিপয় বৈশিষ্ট্য ৫৩৬
ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া বা ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়া ৫৩৮
ক্ষার দ্বারা অ্যালিফেটিক এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ ৫৩৮
প্রথম ক্রম ও দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার তুলনা ৫৪০
প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক k এর মান নির্ণয় ৫৪০
দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক k-এর মান নির্ণয় ৫৪১
রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংঘর্ষ তত্ত্ব ৫৪২
রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব ৫৪৩
কয়েক ধাপে বিক্রিয়া সংঘটন ৫৪৫
প্রভাবক বা অনুঘটক ৫৪৫
প্রভাবকের শ্রেণীবিভাগ ৫৪৬
প্রভাবক বিষ ও প্রভাবক সহায়ক ৫৪৭
সমসত্ত্ব প্রভাবন ও অসমসত্ত্ব প্রভাবন ৫৪৭
প্রভাবনের ক্রিয়া কৌশল ৫৪৮
প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি ৫৪৮
প্রভাবকরূপে অবস্থান্তর মৌল ও তাদের যৌগসমূহ ৫৪৯
এনজাইম প্রভাবন ৫৪৯
শিল্পে প্রভাবকের ব্যবহার ৫৫০
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৫৫১
অনুশীলনী-১৩ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৫৫২
সৃজনশীল প্রশ্ন ৫৫৬

http://pdfcorner.com

**অধ্যায় ১৪ ঃ মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম ... ... ৫৬৪—৫৮৮**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৪; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৫৬৪
মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও পর্যায় সারণি ৫৬৪
গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ৫৬৫
বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকার ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ৫৬৬
আয়নীকরণ বিভব বা পটেনশিয়াল ৫৬৯
ইলেকট্রন আসক্তি ৫৭১
তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা ইলেকট্রোনেগেটিভিটি ৫৭৩
মৌলের জারণ সংখ্যা ৫৭৫
মৌলের জারণ ও বিজারণ ধর্ম ৫৭৫
ক্যাটায়নের পানিযোজন ৫৭৬
তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া ৫৭৬
তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়া ৫৭৭
তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে পানির বিক্রিয়া ৫৭৭
তৃতীয় পর্যায়ের মৌলের অক্সাইডের অম্ল–ক্ষারক ধর্ম ৫৭৮
তৃতীয় পর্যায়ের মৌলের ক্লোরাইডের পানিসহ বিক্রিয়া ৫৭৯
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৫৮০
অনুশীলনী–১৪ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৫৮২
সৃজনশীল প্রশ্ন ৫৮৩

**অধ্যায় ১৫ ঃ নিষ্ক্রিয় গ্যাস ... ... ৫৮৯—৬০৪**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ২; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৫৮৯
নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কার ৫৮৯
নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উৎস ও পৃথকীকরণ ৫৯১
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ৫৯২
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ভৌত ধর্ম ৫৯২
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার কারণ ৫৯৩
রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার গুরুত্ব ৫৯৪
নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যৌগ গঠন ৫৯৫
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ব্যবহার ৬০০
এ অধ্যায়ে যা শিখলাম ৬০১
অনুশীলনী–১৫ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক ৬০১
সৃজনশীল প্রশ্ন ৬০২

**অধ্যায় ১৬ ঃ গ্রুপ–IA ও গ্রুপ–IIA মৌলসমূহের রসায়ন ... ৬০৫—৬৩৭**
(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৫; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

ভূমিকা ৬০৫
গ্রুপ–IA এর মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস ৬০৬
ক্ষার ধাতুসমূহের ভৌত ধর্ম ৬০৬
ক্ষার ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি ৬০৮
পানির সাথে ক্ষার ধাতুসমূহের অক্সাইডের বিক্রিয়া ৬০৯
ক্ষার ধাতুসমূহের যৌগ ৬০৯
গ্রুপ–IIA এর মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস ৬০৯
গ্রুপ–IIA এর মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম ৬১০
গ্রুপ–IIA-এর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম ৬১১
গ্রুপ–IIA এর ধাতুসমূহের যৌগের ধর্ম ৬১৩
গ্রুপ–IIA ধাতুসমূহের অক্সাইডের সাথে পানির বিক্রিয়া ৬১৩
গ্রুপ–IA ও IIA বা ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতুর সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য ৬১৩
গ্রুপ–IIA মৌলের সালফেট ও হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা প্রবণতা ৬১৪
গ্রুপ–IA ও গ্রুপ IIA মৌলের নাইট্রেট ও কার্বনেটের তাপসহতা ৬১৬
মৌলের কর্ণ সম্পর্ক ৬১৭
কিছু s-ব্লক মৌলের প্রধান উৎস ৬১৮
গ্রুপ–IA ও IIA মৌলসমূহের যৌগের শিখার বর্ণ ৬১৯
s–ব্লক ধাতুর শিল্প উৎপাদন ৬১৯
সোডিয়াম ধাতুর ব্যবহার ৬২১
কস্টিক সোডার উৎপাদন ঃ ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ ৬২১

http://pdfcorner.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| কস্টিক সোডার রাসায়নিক ধর্ম | ৬২৩ | সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের ব্যবহার | ৬২৭ |
| সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা | | ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়াম | |
| কস্টিক সোডার ব্যবহার | ৬২৪ | ক্লোরো হাইপোক্লোরাইট Ca(OCl) Cl উৎপাদন | ৬২৭ |
| সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) উৎপাদন | ৬২৪ | s-ব্লক ধাতব মৌলের আয়ন শনাক্তকরণ | ৬২৮ |
| সোডিয়াম কার্বনেটের ব্যবহার | ৬২৬ | এ অধ্যায়ে যা শিখলাম | ৬২৯ |
| সোডিয়াম ক্লোরেট (I) বা সোডিয়াম | | অনুশীলনী-১৬ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক | ৬৩০ |
| হাইপোক্লোরাইট, NaOCl উৎপাদন | ৬২৬ | সৃজনশীল প্রশ্ন | ৬৩৩ |

**অধ্যায় ১৭ ঃ গ্রুপ-IIIA ও গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের রসায়ন ... ৬৩৮—৬৬৩**

(তত্ত্বীয় লেকচার সংখ্যা ঃ ৫; সৃজনশীল প্রশ্ন আলোচনা ঃ ১ পিরিয়ড)

| | | | |
|---|---|---|---|
| ভূমিকা | ৬৩৮ | গ্রুপ-IIIA ও গ্রুপ-IVA মৌলের ক্লোরাইডের | |
| গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহ ও তাদের | | আর্দ্র-বিশ্লেষণ প্রবণতা | ৬৫২ |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | ৬৩৮ | টিন (II) এবং টিন (IV) এর জারক-বিজারক ধর্ম | ৬৫৩ |
| গ্রুপ-IIIA মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম | ৬৩৯ | কার্বনের ব্যবহার | ৬৫৩ |
| গ্রুপ-IIIA-এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম | ৬৪০ | শিল্পক্ষেত্রে মূল্যবান বিজারক হিসেবে | |
| বোরন ও সিলিকনের সাদৃশ্য | ৬৪২ | কার্বনের ব্যবহার | ৬৫৪ |
| বোরন ও সিলিকনের বৈসাদৃশ্য | ৬৪৩ | সিলিকন ও জার্মেনিয়াম | ৬৫৪ |
| অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন | ৬৪৩ | কাচ ও সিরামিক শিল্পে সিলিকেটের | |
| অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার ও এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব | ৬৪৬ | গুরুত্ব ও ব্যবহার | ৬৫৬ |
| গ্রুপ-IVA মৌলসমূহ ঃ গ্রুপ-IVA মৌলসমূহ ও | | অ্যালুমিনিয়াম আয়ন ($Al^{3+}$) ও | |
| তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস | ৬৪৬ | লেড আয়ন ($Pb^{2+}$) শনাক্তকরণ | ৬৫৮ |
| গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম | ৬৪৬ | এ অধ্যায়ে যা শিখলাম | ৬৫৮ |
| গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম | ৬৪৮ | অনুশীলনী-১৭ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক | ৬৫৯ |
| কার্বন ও সিলিকনের তুলনা | ৬৪৯ | সৃজনশীল প্রশ্ন | ৬৬০ |
| গ্রুপ-IIIA মৌল ও গ্রুপ-IVA মৌল-এর | | | |
| অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের অম্ল-ক্ষারক ধর্ম | ৬৫০ | | |


| | | | |
|---|---|---|---|
| সুতরাং | মোট শ্রেণিতে তত্ত্বীয় পাঠদান লেকচার পিরিয়ড | = | ১০৮ টি |
| | মোট সৃজনশীল প্রশ্নের আলোচনা পিরিয়ড | = | ২৩ টি |
| | সর্বমোট পিরিয়ড | = | ১৩১ টি |


**পরিশিষ্ট-১ ঃ** বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ ... ... **৬৬৪**

**পরিশিষ্ট-২ ঃ** (১) মূল SI এককের তালিকা, (২) উদ্ভূত SI এককের তালিকা, ... **৬৬৪—৬৬৫**
(৩) পুরাতন একক থেকে SI এককে রূপান্তরের তালিকা,
(৪) দশের সূচকের নাম।

**মডেল প্রশ্ন ঃ** ... **৬৬৬—৬৭২**


http://pdfcorner.com

# মৌলিক পদার্থের তালিকা

(পারমাণবিক সংখ্যানুক্রমিক)

| পাঃ সংখ্যা | মৌলের নাম | | প্রতীক | পাঃ ভর | পাঃ সংখ্যা | মৌলের নাম | | প্রতীক | পাঃ ভর |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১ | হাইড্রোজেন | Hydrogen | H | ১.০০৮ | ৫৭ | ল্যানথানাম | Lanthanum | La | ১৩৮.৯১ |
| ২ | হিলিয়াম | Helium | He | ৪.০০৩ | ৫৮ | সেরিয়াম | Cerium | Ce | ১৪০.১২ |
| ৩ | লিথিয়াম | Lithium | Li | ৬.৯৪ | ৫৯ | প্র্যাসেওডিমিয়াম | Praseodymium | Pr | ১৪০.৯১ |
| ৪ | বেরিলিয়াম | Beryllium | Be | ৯.০১২ | ৬০ | নিওডিমিয়াম | Neodymium | Nd | ১৪৪.২৪ |
| ৫ | বোরন | Boron | B | ১০.৮১ | ৬১ | প্রোমেথিয়াম | Promethium | Pm | ১৪৬.৯২ |
| ৬ | কার্বন | Carbon | C | ১২.০১১ | ৬২ | সামারিয়াম | Samarium | Sm | ১৫০.৩৬ |
| ৭ | নাইট্রোজেন | Nitrogen | N | ১৪.০০৭ | ৬৩ | ইউরোপিয়াম | Europeum | Eu | ১৫১.৯৬ |
| ৮ | অক্সিজেন | Oxygen | O | ১৬.০০ | ৬৪ | গ্যাডোলিনিয়াম | Gadolinium | Gd | ১৫৭.২৫ |
| ৯ | ফ্লোরিন | Fluorine | F | ১৯.০০ | ৬৫ | টারবিয়াম | Terbium | Tb | ১৫৮.৯৩ |
| ১০ | নিয়ন | Neon | Ne | ২০.১৮ | ৬৬ | ডিসপ্রোসিয়াম | Dysprosium | Dy | ১৬২.৫০ |
| ১১ | সোডিয়াম | Natrium | Na | ২২.৯৯ | ৬৭ | হলমিয়াম | Holmium | Ho | ১৬৪.৯৩ |
| ১২ | ম্যাগনেসিয়াম | Magnesium | Mg | ২৪.৩০ | ৬৮ | আরবিয়াম | Erbium | Er | ১৬৭.২৬ |
| ১৩ | অ্যালুমিনিয়াম | Aluminium | Al | ২৬.৯৮২ | ৬৯ | থুলিয়াম | Thulium | Tm | ১৬৮.৯৩ |
| ১৪ | সিলিকন | Silicon | Si | ২৮.০৮৬ | ৭০ | ইটারবিয়াম | Ytterbium | Yb | ১৭৩.০৪ |
| ১৫ | ফসফরাস | Phosphorus | P | ৩০.৯৭৪ | ৭১ | লুটেসিয়াম | Lutecium | Lu | ১৭৪.৯৭ |
| ১৬ | সালফার | Sulphur | S | ৩২.০৬৪ | ৭২ | হাফনিয়াম | Hafnium | Hf | ১৭৮.৪৯ |
| ১৭ | ক্লোরিন | Chlorine | Cl | ৩৫.৪৬ | ৭৩ | ট্যানটেলাম | Tantalum | Ta | ১৮০.৯৫ |
| ১৮ | আরগন | Argon | Ar | ৩৯.৯৪৮ | ৭৪ | ট্যাংস্টেন | Wolfram | W | ১৮৩.৮৪ |
| ১৯ | পটাসিয়াম | Kalium | K | ৩৯.১০ | ৭৫ | রেনিয়াম | Rhenium | Re | ১৮৬.২১ |
| ২০ | ক্যালসিয়াম | Calcium | Ca | ৪০.০৮ | ৭৬ | অসমিয়াম | Osmium | Os | ১৯০.২৩ |
| ২১ | স্ক্যান্ডিয়াম | Scandium | Sc | ৪৪.৯৫৬ | ৭৭ | ইরিডিয়াম | Iridium | Ir | ১৯২.২২ |
| ২২ | টাইটেনিয়াম | Titanium | Ti | ৪৭.৬৭ | ৭৮ | প্লাটিনাম | Platinum | Pt | ১৯৫.০৮ |
| ২৩ | ভ্যানাডিয়াম | Vanadium | V | ৫০.৯৪২ | ৭৯ | গোল্ড | Aurum | Au | ১৯৬.৯৭ |
| ২৪ | ক্রোমিয়াম | Chromium | Cr | ৫২.০০ | ৮০ | মারকারি | Hydrargyrum | Hg | ২০০.৫৯ |
| ২৫ | ম্যাঙ্গানিজ | Manganese | Mn | ৫৪.৯৪ | ৮১ | থ্যালিয়াম | Thallium | Tl | ২০৪.৩৮ |
| ২৬ | আয়রন | Ferrum | Fe | ৫৫.৮৫ | ৮২ | লেড | Plumbum | Pb | ২০৭.২০ |
| ২৭ | কোবাল্ট | Cobalt | Co | ৫৮.৯৩ | ৮৩ | বিসমাথ | Bismuth | Bi | ২০৮.৯৮ |
| ২৮ | নিকেল | Nickel | Ni | ৫৮.৬৯ | ৮৪ | পোলোনিয়াম | Polonium | Po | ২০৮.৯৮ |
| ২৯ | কপার | Cuprum | Cu | ৬৩.৫৪৬ | ৮৫ | অ্যাস্টেটিন | Astatine | At | ২১০.০০ |
| ৩০ | জিংক | Zinc | Zn | ৬৫.৪১ | ৮৬ | রেডন | Radon | Rn | ২২২.০২ |
| ৩১ | গ্যালিয়াম | Gallium | Ga | ৬৯.৭২ | ৮৭ | ফ্রানসিয়াম | Francium | Fr | ২২৩.০২ |
| ৩২ | জার্মেনিয়াম | Germanium | Ge | ৭২.৬৪ | ৮৮ | রেডিয়াম | Radium | Ra | ২২৬.০৩ |
| ৩৩ | আর্সেনিক | Arsenic | As | ৭৪.৯২২ | ৮৯ | অ্যাক্টিনিয়াম | Actinium | Ac | ২২৭.০৩ |
| ৩৪ | সেলেনিয়াম | Selenium | Se | ৭৮.৯৬ | ৯০ | থোরিয়াম | Thorium | Th | ২৩২.০৪ |
| ৩৫ | ব্রোমিন | Bromine | Br | ৭৯.৯০৪ | ৯১ | প্রোটোঅ্যাক্টিনিয়াম | Protoactinium | Pa | ২৩১.০৪ |
| ৩৬ | ক্রিপটন | Krypton | Kr | ৮৩.৮০ | ৯২ | ইউরেনিয়াম | Uranium | U | ২৩৮.০৩ |
| ৩৭ | রুবিডিয়াম | Rubidium | Rb | ৮৫.৬৮ | ৯৩ | নেপচুনিয়াম | Neptunium | Np | ২৩৭.০৫ |
| ৩৮ | স্ট্রনসিয়াম | Strontium | Sr | ৮৭.৬২ | ৯৪ | প্লুটোনিয়াম | Plutonium | Pu | ২৪৪.০৬ |
| ৩৯ | ইটরিয়াম | Yttrium | Y | ৮৮.৯১০ | ৯৫ | অ্যামেরিসিয়াম | Americium | Am | ২৪৩.০৬ |
| ৪০ | জারকোনিয়াম | Zirconium | Zr | ৯১.২২৪ | ৯৬ | ক্যুরিয়াম | Curium | Cm | ২৪৭.০৭ |
| ৪১ | নায়োবিয়াম | Niobium | Nb | ৯২.৯১০ | ৯৭ | বার্কেলিয়াম | Berkelium | Bk | ২৪৭.০৭ |
| ৪২ | মলিবডেনাম | Molybdenum | Mo | ৯৫.৯৪ | ৯৮ | ক্যালিফোর্নিয়াম | Californium | Cf | ২৫১.০৮ |
| ৪৩ | টেকনিসিয়াম | Technicium | Tc | ৯৯.০০ | ৯৯ | আইনস্টেনিয়াম | Einsteinium | Es | ২৫২.০৮ |
| ৪৪ | রুথেনিয়াম | Ruthenium | Ru | ১০১.০৭ | ১০০ | ফারমিয়াম | Fermium | Fm | ২৫৭.০১ |
| ৪৫ | রোডিয়াম | Rhodium | Rh | ১০২.৯১ | ১০১ | মেন্ডিলিভিয়াম | Mendeleevium | Md | ২৫৮.০১ |
| ৪৬ | প্যালাডিয়াম | Palladium | Pd | ১০৬.৪২ | ১০২ | নোবেলিয়াম | Nobelium | No | ২৫৯.০১ |
| ৪৭ | সিলভার | Argentum | Ag | ১০৭.৮৭ | ১০৩ | লরেনসিয়াম | Lawrencium | Lr | ২৬২.১১ |
| ৪৮ | ক্যাডমিয়াম | Cadmium | Cd | ১১২.৪১ | ১০৪ | রাদারফোর্ডিয়াম | Rutherfordium | Rf | ২৬১.১১ |
| ৪৯ | ইন্ডিয়াম | Indium | In | ১১৪.৭৬ | ১০৫ | ডুবনিয়াম | Dubnium | Db | ২৬২.১১ |
| ৫০ | টিন | Stannum | Sn | ১১৮.৭০ | ১০৬ | সিওবোর্গিয়াম | Seoborgium | Sg | ২৬৬.১২ |
| ৫১ | অ্যান্টিমনি | Stibium | Sb | ১২১.৭৬ | ১০৭ | বোহরিয়াম | Bohrium | Bh | ২৬৪.১২ |
| ৫২ | টেলুরিয়াম | Tellurium | Te | ১২৭.৬০ | ১০৮ | হ্যাসিয়াম | Hassium | Hs | ২৭৭.০০ |
| ৫৩ | আয়োডিন | Iodine | I | ১২৬.৯০ | ১০৯ | মাইটনেরিয়াম | Meitnerium | Mt | ২৬৮.১৩ |
| ৫৪ | জেনন | Xenon | Xe | ১৩১.২৯ | ১১০ | ডারমস্ট্যাডসিয়াম | Darmstadtium | Ds | ২৭১.০০ |
| ৫৫ | সিজিয়াম | Caesium | Cs | ১৩২.৯১ | ১১১ | রন্টেনিয়াম | Roentgenium | Rg | ২৭২.০০ |
| ৫৬ | বেরিয়াম | Barium | Ba | ১৩৭.৩৪ | ১১২ | কোপারনিসিয়াম | Copernicium | Cn | ২৮৫.০০ |

http://pdfcorner.com

# ১ পদার্থের অবস্থা
## STATES OF MATTER

**বিষয়বস্তু ঃ**

- পদার্থের অবস্থা ঃ বস্তুর তিন অবস্থা;
- গ্যাসের সূত্রসমূহ ও ব্যবহার;
- গ্যাসের গতিতত্ত্ব সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা;
- আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস;
- তরল ও তরলের বাষ্পীয় চাপের উপর তাপমাত্রার প্রভাব;
- কঠিন পদার্থের প্রকৃতি; কেলাসের একক কোষ;
- ধাতুসমূহের কেলাস আকার; NaCl ও CsCl এর কেলাস প্রকৃতি।

## ১.১। ভূমিকা
### Introduction

এ পৃথিবীতে যা দেখা যায়, যা অনুভব করা যায়—এ সবকে দু'শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। অর্থাৎ এ বিশ্ব প্রকৃতি বিজ্ঞানীদের কাছে দু'ভাগে বিভক্ত; যেমন (১) পদার্থ (matter) ও (২) বিকীর্ণ শক্তি (radiant energy)। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত বস্তু যেমন চেয়ার, টেবিল, কাগজ, কলম; এমনকি যা আমরা খাই; যা গ্রহণ বা বর্জন করি—এ সবই হল পদার্থ। এ সব বস্তুর বা পদার্থের ভর (mass) আছে; তারা স্থান (space) দখল করে। অপরদিকে আলো, তাপ, বেতার তরঙ্গ, অতিবেগুনি রশ্মি ইত্যাদি হল বিকীর্ণ শক্তি। এ অধ্যায়ে বিভিন্ন প্রকার পদার্থ সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

## ১.২। পদার্থ ও পদার্থের অবস্থা
### Matter and States of Matter

**[ক] পদার্থ ঃ** প্রাকৃতিক পরিবেশ যে সব বস্তু দ্বারা গঠিত তাদেরকে পদার্থ বলে। পদার্থের নির্দিষ্ট ভর আছে এবং তারা স্থান দখল করে। বল প্রয়োগ করলে ঐ বলকে পদার্থ কিছু না কিছু প্রতিরোধ করে। প্রধানত তাপ ও চাপের উপর নির্ভর করে কোন পদার্থ সাধারণত তিনটি ভিন্ন ভৌত অবস্থা যেমন– (i) কঠিন, (ii) তরল ও (iii) গ্যাস হতে পারে। কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতি ও আয়তন থাকে; তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতি থাকে না, নির্দিষ্ট আয়তন থাকে; তরলকে যে পাত্রে রাখা হয়, তার আকৃতি লাভ করে। কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থের আকৃতি ও আয়তন কোনটাই থাকে না। তাপের প্রভাবে একই পদার্থ তিন ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। যেমন–

**[খ] পদার্থের তিন ভৌত অবস্থা ঃ**

পানি একটি তরল পদার্থ, একে ঠান্ডা করলে তা বরফ নামক কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। আবার তরল পানিকে উত্তপ্ত করলে তা গ্যাসে পরিণত হয়। সে গ্যাসকে জলীয় বাষ্প বলা হয়। জলীয় বাষ্পকে ঠান্ডা করলে আবার তরল পানি পাওয়া যায়। এ সব পরিবর্তন হচ্ছে ভৌত পরিবর্তন; এতে বস্তুর আণবিক গঠনে কোন পরিবর্তন হয় না।

কঠিন ⇌ (তাপ প্রয়োগ, গলন / তাপমাত্রা হ্রাসকরণ, জমাট বাঁধন) তরল ⇌ (আরো তাপ প্রয়োগ, বাষ্পীভবন / তাপমাত্রা হ্রাসকরণ, তরলীভবন) গ্যাস

সব পদার্থ নিম্ন তাপমাত্রায় কঠিন অবস্থায় থাকে। উত্তপ্ত করলে তা তরলে পরিণত হয়। যে তাপমাত্রায় কোন কঠিন বস্তু তরলে পরিণত হয়; সে তাপমাত্রাকে সে পদার্থের **গলনাঙ্ক** (melting point) বলা হয়। আবার ঐ তরল



http://pdfcorner.com

পদার্থকে ঠান্ডা করলে ঐ একই তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থে পরিণত হয়; এ তাপমাত্রাকে সে পদার্থের **হিমাঙ্ক** (freezing point) বলা হয়। গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক একই কথা। যেমন বরফকে গরম করলে তা 0°C তাপমাত্রায় তরল পানিতে রূপান্তরিত হয়; সুতরাং এ তাপমাত্রাকে বরফের গলনাঙ্ক বলা যায়। আবার পানিকে ঠান্ডা করলে তা 0° C তাপমাত্রায় বরফে পরিণত হয়। সুতরাং এ তাপমাত্রা হচ্ছে পানির হিমাঙ্ক। **যে তাপমাত্রায় কোন কঠিন পদার্থ তরলে রূপান্তরিত হয়, সে তাপমাত্রাকে পদার্থটির গলনাঙ্ক বলা হয়। যে তাপমাত্রায় কোন বিশুদ্ধ তরল পদার্থ কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়, সে তাপমাত্রাকে হিমাঙ্ক বলা হয়।**

আবার, **যে তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থের বাষ্পীয় চাপ এক বায়ুমন্ডল চাপের (1 atm এর) সমান হয় এবং তরলটি বুদবুদসহ ফুটতে থাকে, তাকে সেই তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলা হয়।**

যেমন পানির স্ফুটনাঙ্ক 100° C। প্রকৃতপক্ষে যে কোন তাপমাত্রায় তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়। যে তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থের বাষ্পীয় চাপ বাহ্যিক চাপের সমান হয়, তখন সে তরল পদার্থ ফুটতে থাকে।

বাহ্যিক চাপের হ্রাস বা বৃদ্ধি হলে তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস বা বৃদ্ধি হবে। পাহাড়ের উপরে বায়ুমন্ডল চাপ কমে, তাই পাহাড়ের উপর পানির স্ফুটনাঙ্ক কমে; যেমন মাউন্ট এভারেস্ট শৃঙ্গে (8848 m) পানির স্ফুটনাঙ্ক হয় 71°C। সুতরাং প্রমাণ চাপ হিসেবে এক বায়ুমন্ডল চাপ বলতে 760 mm উচ্চতাবিশিষ্ট পারদ স্তম্ভের চাপকে ধরা হয়। অর্থাৎ 1 atm = 760 mm (Hg) = 101.32 kPa (কিলোপ্যাসকেল)। কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক বাহ্যিক চাপের উপর কিছুটা নির্ভরশীল, তবে এ নির্ভরশীলতা খুবই কম।

**এমন কিছু কঠিন পদার্থ আছে, এদেরকে উত্তপ্ত করলে তরলে রূপান্তরিত না হয়ে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। কঠিন পদার্থের এ ধরনের পরিবর্তনের প্রক্রিয়াকে ঊর্ধ্বপাতন (sublimation) বলা হয়। কর্পূর, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ন্যাফথালিন হল এ ধরনের উদাহরণ।**

পদার্থের সাধারণ তিন ভৌত অবস্থা যেমন কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থা ছাড়াও **প্লাজমা** (plasma) নামক চতুর্থ অবস্থা থাকতে পারে। এছাড়া কোন কোন জৈব কেলাসাকার পদার্থের **তরল স্ফটিক** (liquid crystal) নামক কঠিন ও তরল উভয় অবস্থার সমন্বয়রূপে একটি অবস্থা থাকতে পারে।

## ১.৩। তরল স্ফটিক ও প্লাজমা
## Liquid Crystal and Plasma

**(ক) তরল স্ফটিক ঃ** তরল পদার্থের অণুসমূহের মধ্যে কোন নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক বিন্যাস–ক্রম থাকে না; তাই তরলের প্রবাহ–ধর্ম (fluidity) থাকে। অপরদিকে কেলাসাকার কঠিন পদার্থের অণুসমূহের মধ্যে নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক বিন্যাস–ক্রম থাকে; তাই কঠিন পদার্থের প্রবাহ–ধর্ম থাকে না। কিন্তু কঠিন পদার্থের দৃঢ়তা ধর্ম (rigidity) থাকে। **এমন কিছু কেলাসাকার জৈব পদার্থ আছে, তাদেরকে উত্তপ্ত করলে তারা সরাসরি কঠিন থেকে স্বচ্ছ তরলে রূপান্তরিত হওয়ার পূর্বে হঠাৎ একটি অস্বচ্ছ তরলে পরিণত হয়। এ অবস্থায় পদার্থটি তরলের মত কিছুটা প্রবাহ ধর্ম ও হেঁটান ধর্ম এবং কঠিন কেলাস বা স্ফটিকের মত দৃঢ়তা ধর্ম ও আলোক ধর্ম প্রদর্শন করে। তাই পদার্থের এ অবস্থাকে তরল স্ফটিক অবস্থা বলা হয়।** তরল স্ফটিক অবস্থাটি দুটি তাপমাত্রার সূক্ষ্ম ব্যবধানে বিরাজ করে।

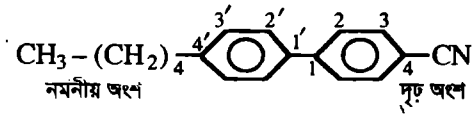
স্ফটিক (কঠিন) $\xrightarrow{\text{গলন তাপমাত্রা}}$ [তরল স্ফটিক (অস্বচ্ছ তরল)] $\xrightarrow{\text{স্বচ্ছকরণ তাপমাত্রা}}$ স্বচ্ছ তরল

প্রথম তাপমাত্রাকে **গলন তাপমাত্রা** (melting temperature) এবং শেষোক্ত তাপমাত্রাকে ঐ পদার্থের **স্বচ্ছকরণ তাপমাত্রা** (clearing/transparency temperature) বলা হয়।

**বৈশিষ্ট্য ঃ** তরল স্ফটিকের কিছু গাঠনিক বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন– (১) সব তরল স্ফটিক হল জৈব যৌগ এবং তাদের দীর্ঘ আণবিক গঠনের এক প্রান্তে পোলার গ্রুপ যেমন –CN, $-NO_2$, $-NH_2$ ও –OR ইত্যাদি থাকে। পোলার গ্রুপ থাকায় অণুসমূহে প্রবল ডাইপোল প্রভাব সৃষ্টি হয়; তাই আণবিক অক্ষ সমান্তরাল থাকে। (২) তরল স্ফটিক যৌগের অণুতে বেনজিন বলয়যুক্ত চ্যাপ্টা অংশ এবং দ্বিবন্ধনযুক্ত গ্রুপ যেমন $\rangle C=C\langle$ ও $-N=N-$ গ্রুপ থাকে। ফলে অণুটি অক্ষ বরাবর ঘূর্ণনে বাধা পায়; তাই ঐ অংশে অণুটি দৃঢ় হয় এবং অপর অংশে নমনীয় থাকে।

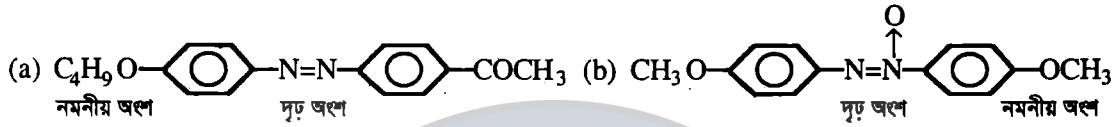
http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ঃ** 4′- পেন্টাইল বাইফিনাইল-4-কার্বোনাইট্রাইল যৌগটি কক্ষতাপমাত্রায় একটি তরল স্ফটিক। এর সংকেত নিম্নরূপ ঃ

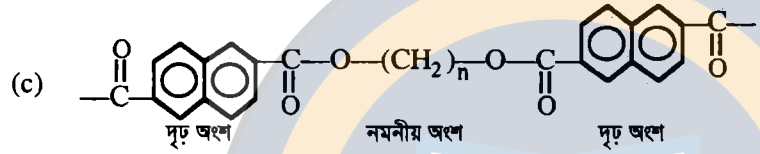



4′-পেন্টাইল বাইফিনাইল-4-কার্বোনাইট্রাইল

উদাহরণস্বরূপ আরো কিছু তরল স্ফটিক যৌগের নাম ও গাঠনিক সংকেত নিম্নে দেয়া হল ঃ




4-বিউটাইলঅক্সি-4′-ইথানোয়িল অ্যাজো বেনজিন  4, 4′-ডাইমিথোক্সি অ্যাজোক্সি বেনজিন




ন্যাফথালিন ডাইকার্বক্সিলিক এসিড ও ডাইঅল এর পলিএস্টার (পলিমারীয় তরল স্ফটিক)

**তরল স্ফটিকের ব্যবহার ঃ** (১) তরল স্ফটিক অবস্থায় পদার্থসমূহ **আলোক ধর্ম** (optical properties) প্রদর্শন করে। তাই ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি যেমন ক্যালকুলেটর, ইলেকট্রনিক ঘড়ি প্রভৃতির প্রদর্শনী–পদার্থ (digit প্রদর্শনী) রূপে তরল স্ফটিক ব্যবহৃত হয়। (২) **তরল স্ফটিক তাপমাত্রা সংবেদক** (temperature sensor) হিসেবে কাজ করে। ধমনী ও শিরা এলাকার ত্বকের তাপমাত্রা অন্য অংশ থেকে কিছুটা বেশি থাকে। দেহ–ত্বকের তাপমাত্রার পার্থক্যের পরিসরে তরল স্ফটিক আলোক ধর্ম দ্বারা বর্ণ পরিবর্তনের পূর্ণ রেঞ্জ (violet to red) প্রকাশ করে। এরূপ স্কিন থার্মোগ্রাফির সাহায্যে স্তন–ক্যানসার, শিরা–ধমনীতে রক্ত প্রবাহে বাধা বা ব্লকেজ শনাক্তকরণ যন্ত্রে তরল স্ফটিক ব্যবহৃত হয়।

**(খ) প্লাজমা (plasma) ঃ** অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় যেমন $10^4 - 10^5$ K (কেলভিন) তাপমাত্রায় কোন কোন পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থার পর তাদের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন ত্যাগ করে আয়নিত অবস্থায় থাকে। গ্যাসীয় অবস্থার পর ধনাত্মক আয়ন ও ইলেকট্রনের পাশাপাশি সঞ্চরণশীল ও বিদ্যুৎ নিরপেক্ষরূপে থাকার পদার্থের এরূপ অবস্থাকে প্লাজমা অবস্থা বলে। নিউক্লিয়ার ফিউশান (fusion) গবেষণার ক্ষেত্রে, বিভিন্ন নক্ষত্র ও সূর্যের পরিমণ্ডলে প্লাজমার উপস্থিতি জানা যায়। সূর্যের তাপমাত্রা প্রায় এক কোটি কেলভিন, $10^7$ K। হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ফিউশান প্রক্রিয়ায় এ তাপমাত্রা সৃষ্টি হয়। [২.২৪.২] অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

## ১.৪। পদার্থের অবস্থাভেদের কারণ
## Causes of Different States of Matter

**(ক) সাধারণ অবস্থায় বিভিন্ন পদার্থের তিন ভৌত অবস্থা ঃ**

সাধারণ অবস্থা বলতে 25°C (298 K) তাপমাত্রা ও এক বায়ুমণ্ডল (1 atm) চাপকে বোঝায়। 25°C কে কক্ষতাপমাত্রাও ধরা হয়।

আমরা জানি যে, কক্ষতাপমাত্রায় পানি তরল, অথচ লবণ কঠিন, নাইট্রোজেন গ্যাসীয়। এর কারণ কী? এক কথায় এর উত্তর এভাবে দেয়া যায়, **যে সব পদার্থের গলনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার উপরে তা কক্ষতাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ হিসেবে থাকে। যে সব পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার নিচে তা কক্ষতাপমাত্রায় গ্যাস হিসেবে**

http://pdfcorner.com

**থাকে এবং যে সব পদার্থের গলনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার নিচে ও স্ফুটনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার উপরে সে সব পদার্থ কক্ষতাপমাত্রায় তরল হিসেবে থাকে।** NaCl লবণের গলনাঙ্ক (815°C) কক্ষতাপমাত্রার উপরে। সুতরাং তা কক্ষতাপমাত্রায় কঠিন। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক (– 196°C) কক্ষতাপমাত্রার নিচে। সুতরাং তা কক্ষতাপমাত্রায় গ্যাস। অন্যদিকে পানির স্ফুটনাঙ্ক (100°C) কক্ষতাপমাত্রার চেয়ে বেশি এবং গলনাঙ্ক (0°C) কক্ষতাপমাত্রা অপেক্ষা কম হওয়ায় পানি কক্ষতাপমাত্রায় তরল পদার্থ।

### (খ) পদার্থের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ঃ

ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন হয়। এর কারণ হল পদার্থের গঠন প্রকৃতি। যে কোন পদার্থ অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি। **সমযোজী যৌগসমূহের ক্ষেত্রে ক্ষুদ্রতম কণাকে সে পদার্থের অণু বলা হয়।** সমযোজী পদার্থের এ সব অণু পরস্পরের প্রতি এক প্রকার আকর্ষণ অনুভব করে, এ আকর্ষণকে **আন্তঃআণবিক আকর্ষণ** বলে। অণুতে বন্ধন গঠনে ইলেকট্রনের ভাগাভাগির উপর এ আন্তঃআণবিক আকর্ষণের পরিমাণ নির্ভর করে। বিভিন্ন যৌগে আন্তঃআণবিক বলের পরিমাণ বিভিন্ন হয়।

**আন্তঃআণবিক বলের ভিন্নতার কারণ ও এর প্রভাব ঃ** বিভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক তাদের আন্তঃআণবিক বলের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। আবার আন্তঃআণবিক বল কিছু নিয়ামক (factor) এর উপর নির্ভর করে। এসব নিয়ামকের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হল আয়নিক যৌগের আয়নসমূহের মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল ও কেলাসের ল্যাটিস শক্তি, সমযোজী যৌগ অণুর মেরুপ্রবণতা বা ডাই–পোল গঠন, আণবিক ভর ও পলিমার অণু গঠন ইত্যাদি। যেমন–

(i) **আয়নিক যৌগসমূহ** কেলাস আকারে কঠিন অবস্থায় থাকে। যেমন, $\overset{+}{N}a\overset{-}{Cl}$ এর গলনাঙ্ক 815°C এবং আয়নিক যৌগকে তরল বা গ্যাসীয় করতে হলে আয়নসমূহের মধ্যবর্তী স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণকে অতিক্রম করার মত গতিশক্তি কেলাসের আয়নসমূহকে প্রদান করতে হবে। এ কারণে আয়নিক যৌগসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি হয়। **আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে ক্ষুদ্রতম কণা হচ্ছে বিপরীত চার্জযুক্ত আয়নসমূহ।** সুতরাং আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে **"আন্তঃআণবিক আকর্ষণ"** এর স্থলে **"আন্তঃআয়নিক আকর্ষণ–বিকর্ষণ"** বিবেচনা করা হয়।

(ii) **অপোলার সমযোজী যৌগ** এবং যাদের আণবিক ভর কম সেগুলো গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে; কারণ তাদের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ পরিমাণ কম। যেমন, $CH_4$ (স্ফুটনাঙ্ক –162°C), $C_2H_6$ (স্ফুটনাঙ্ক –89°C) ইত্যাদি।

(iii) **পোলার অণুসমূহের দু' প্রান্তে** আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও ঋণাত্মক চার্জ থাকে। ফলে একটি অণুর ধনাত্মক প্রান্ত অপর অণুর ঋণাত্মক প্রান্তের দিকে আকৃষ্ট থাকে; যেমন, পোলার পানি অণু ($H_2O$) এর H প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও O প্রান্তে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ থাকে। তাই পোলার সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত সাধারণ তাপমাত্রায় তরল। যেমন, পানি সাধারণ তাপমাত্রায় তরল; এর স্ফুটনাঙ্ক 100°C। কোন কোন ক্ষেত্রে পোলার সমযোজী যৌগ কঠিন অবস্থায় থাকে যেমন, চিনি বা সুগার ($C_{12}H_{22}O_{11}$)।

### (গ) সমযোজী অণুতে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ও আন্তঃআণবিক দূরত্বের প্রভাব ঃ

(১) **কঠিন পদার্থের বেলায়,** আন্তঃআণবিক বল সবচেয়ে বেশি থাকে এবং আন্তঃআণবিক দূরত্ব সবচেয়ে কম হয়। অধিক আকর্ষণের কারণে অণুসমূহ যথাসম্ভব সন্নিকটে এসে নির্দিষ্ট অবস্থানে থাকে বলে নির্দিষ্ট আকৃতি লাভ করে; এ অবস্থাকে পদার্থের কঠিন অবস্থা বলে। যেহেতু কঠিন অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বেশি থাকে; তাই অধিক তাপশক্তি প্রয়োগ করে ঐ আন্তঃআণবিক আকর্ষণকে অতিক্রম করতে হয়। যেমন কঠিন NaCl এর গলনাঙ্ক হল 815°C।

(২) **তরল পদার্থের বেলায়,** আন্তঃআণবিক আকর্ষণ কঠিন পদার্থের চেয়ে কম থাকে; কিন্তু আন্তঃআণবিক দূরত্ব বেশি হয়। তাই কম তাপশক্তি প্রয়োগ করে ঐ আন্তঃআণবিক আকর্ষণকে অতিক্রম করা যায়। যেমন, পানির স্ফুটনাঙ্ক হল 100°C।

(৩) **গ্যাসীয় পদার্থের বেলায়,** আন্তঃআণবিক আকর্ষণ খুবই কম থাকে এবং আন্তঃআণবিক দূরত্ব সবচেয়ে বেশি হয়। তাই গ্যাসীয় পদার্থকে নিম্ন তাপমাত্রায় শীতল করলে তাদের আন্তঃআণবিক দূরত্ব হ্রাস পেয়ে খুব নিকটে আসে ও তরলে পরিণত হয়। অর্থাৎ গ্যাসের স্ফুটনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রা থেকে অনেক কম হয়। যেমন, $N_2$ গ্যাসের স্ফুটনাঙ্ক হল – 196°C।

http://pdfcorner.com

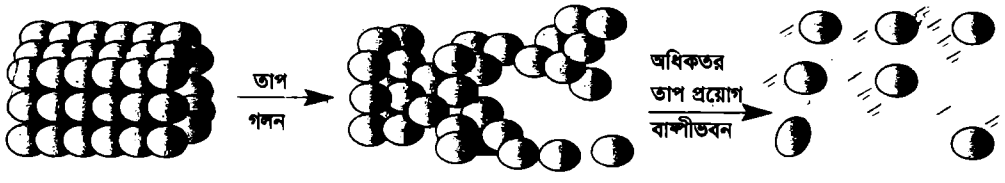
### (ঘ) বিভিন্ন তাপমাত্রায় একই পদার্থের তিনটি ভৌত অবস্থা ঃ

তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে একই পদার্থ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থা লাভ করতে পারে। **পদার্থের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও অণুর গতীয় স্বাতন্ত্র্যমাত্রা দিয়ে তা ব্যাখ্যা করা যায়। অণুগুলোর তিন প্রকার গতি যেমন (i) কম্পন গতি, (ii) আবর্তন গতি ও (iii) স্থানান্তর গতি থাকতে পারে। তবে সব পদার্থের অণুসমূহ সর্বদা কম্পমান থাকে, তাপমাত্রার উপর কম্পনের পরিমাণ নির্ভর করে। তাপমাত্রা যত কম হয়, অণুর কম্পন তত কম হয়।** এ কম্পন – 273°C তাপমাত্রায় সর্বনিম্ন পর্যায়ে পৌঁছে। এ তাপমাত্রাকে 0 (শূন্য) কেলভিন বা পরম শূন্য বলা হয়। এ তাপমাত্রায় সব বস্তু কঠিন পদার্থ। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে অণুসমূহ কম্পন ও আবর্তন গতি লাভ করে, কিন্তু পারস্পরিক আকর্ষণের কারণে নিজ অবস্থান থেকে বিচ্যুত হতে পারে না। এক সময় তাপশক্তি এত বেশি হয় যে, অণুসমূহ নির্দিষ্ট স্থান থেকে বিচ্যুত হয়ে চলাচল করতে থাকে। অর্থাৎ অণুসমূহ স্থানান্তর গতি লাভ করে। তবে প্রতিটি অণুর উপর নিকটবর্তী অন্যান্য অণুর আকর্ষণের কারণে তা সম্পূর্ণ মুক্ত হয় না। এ অবস্থায় কঠিন বস্তু তরলে পরিণত হয়। আবার অধিক তাপমাত্রায় অণুসমূহের স্থানান্তর গতির মান আন্তঃআণবিক আকর্ষণের চেয়ে বেশি হলে, তখন তরল পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থা লাভ করে।

**(১) কঠিন পদার্থের বেলায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব সবচেয়ে কম এবং আন্তঃআণবিক আকর্ষণ সর্বাধিক থাকে। ফলে অণুসমূহ স্থির অবস্থানে এবং পরস্পরের যথাসম্ভব নিকটে থাকে। সুতরাং কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতি ও আয়তন থাকে।** কঠিন অবস্থায় অণুর স্থানান্তর ও আবর্তন গতি প্রায় থাকে না; তবে অণুসমূহের কম্পন গতি থাকে। যেহেতু তাপমাত্রা বাড়লে আন্তঃআণবিক দূরত্ব কিছুটা বাড়ে ও অণুর কম্পন বাড়ে; সেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে কঠিন পদার্থের আয়তন কিছুটা বাড়ে, তবে এ বৃদ্ধি খুবই কম।

**(২) তরল পদার্থে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও অণুর স্থানান্তর গতি প্রায় সমান থাকে। তাই অণু বা কণাসমূহ স্থির অবস্থানে থাকে না। সুতরাং তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতি নেই। কিন্তু যেহেতু তরল অবস্থাতেও কণাসমূহ পরস্পরের যথাসম্ভব সন্নিকটে থাকে; সেহেতু তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন আছে।** যেহেতু তাপমাত্রা বাড়ালে অণুসমূহের স্থানান্তর, আবর্তন ও কম্পন গতি বৃদ্ধি পায়, তাই তরল পদার্থের আয়তনও তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বাড়ে। কিন্তু এক্ষেত্রেও আয়তন বৃদ্ধি খুব বেশি নয়; কেননা, তিন প্রকার গতি বৃদ্ধি পেলেও কণাসমূহ পরস্পরের যথাসম্ভব সন্নিকটে অবস্থান করে। তবে তরল পদার্থের অণুসমূহ কঠিন পদার্থের তুলনায় কম সুশৃঙ্খল থাকে।

**(৩) গ্যাসীয় পদার্থের বেলায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব সবচেয়ে বেশি ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ সবচেয়ে কম থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় অণুসমূহ সবচেয়ে বেশি বিশৃঙ্খল অবস্থায় থাকে।** তখন অণুসমূহ অধিকতর কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর গতি সহকারে আন্তঃআণবিক আকর্ষণকে উপেক্ষা করে মুক্তভাবে চলাচল করে। তখন **অণুসমূহ পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। তাই গ্যাসের নির্দিষ্ট আকৃতি ও আয়তন নেই। যেহেতু অণুসমূহ আর পরস্পরের নিকটে থাকে না, সেহেতু গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের আয়তন কঠিন বা তরল অবস্থা থেকে অনেক বেশি হয়।** উদাহরণস্বরূপ 1 kg তরল পানির আয়তন প্রায় 1 L। কিন্তু 100°C তাপমাত্রায় ও এক বায়ুমণ্ডলীয় (1 atm) চাপে 1 kg জলীয় বাষ্পের আয়তন প্রায় 1245 L।




কঠিন পদার্থের অণুসমূহ সুশৃঙ্খল অবস্থায় থাকে। এদের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন থাকে।

তরল অবস্থা; এতে অণুগুলোর সুশৃঙ্খল অবস্থা নষ্ট হয়েছে। অণুগুলো মোটামুটি বিচরণ করে।

গ্যাসীয় অবস্থা; এতে অণুগুলোর মধ্যকার দূরত্ব সবচেয়ে বেশি হয়।

চিত্র ১.১ ঃ তাপ প্রয়োগের ফলে একই পদার্থের তিন ভৌত অবস্থায় পরিবর্তন।

**সুতরাং কঠিন অবস্থায় অণুসমূহের কম্পনগতি থাকলেও আবর্তন ও স্থানান্তর গতি নেই। তরল অবস্থায় অণুসমূহের কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর গতি থাকে, তবে তা কম। গ্যাসীয় অবস্থায় অণুসমূহের কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর গতি অনেক বেশি থাকে।**

http://pdfcorner.com

নিম্নে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের ভৌত ধর্মের কিছু পার্থক্য দেখানো হল–

**সারণি ১.১ ঃ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের ভৌত ধর্মের তুলনা।**

| পার্থক্যের বিষয় | কঠিন পদার্থ | তরল পদার্থ | গ্যাসীয় পদার্থ |
|---|---|---|---|
| ১। আকার ও আকৃতি ঃ | ১। কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি আছে। | ১। তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই। পাত্রের আকার ও আকৃতি ধারণ করে। | ১। গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই। তবে পাত্রকে পূর্ণ করে থাকে। |
| ২। আয়তন ঃ | ২। কঠিন পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট। | ২। তরল পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট। | ২। গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট নয়। গ্যাস সংশ্লিষ্ট পাত্রকে পূর্ণ করে অবস্থান করে। |
| ৩। সংকোচনশীলতা ঃ | ৩। কঠিন পদার্থ চাপে সঙ্কুচিত হয় না। | ৩। তরল সামান্য সঙ্কুচিত হয়। | ৩। গ্যাস অত্যন্ত সংকোচনশীল। |
| ৪। ঘনত্ব ঃ | ৪। খুব বেশি। | ৪। কঠিন থেকে কম। | ৪। অত্যন্ত কম। |
| ৫। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও কণার স্থানান্তর গতি : | ৫। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ সর্বাধিক; কণা বা অণুর স্থানান্তর গতি সর্বনিম্ন। | ৫। অণুর স্থানান্তর গতি ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ সমান থাকে। | ৫। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ সর্বনিম্ন, কিন্তু স্থানান্তর গতি সর্বোচ্চ। |
| ৬। অণুর তিন প্রকার গতি ঃ | ৬। কঠিন অবস্থায় অণু বা কণার কম্পন গতি থাকে; আবর্তন ও স্থানান্তর গতি প্রায় নেই। | ৬। তরল অবস্থায় কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর এ তিন প্রকার গতি থাকে, তবে কম। | ৬। গ্যাসীয় অবস্থায়, কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর এ তিন প্রকার গতিই অত্যধিক। |

## ১.৫। গ্যাসীয় অবস্থা
### Gaseous State

**গ্যাস ঃ** গ্যাস হল সাধারণ তাপমাত্রায় ও চাপে পদার্থের একটি ভৌত অবস্থা; এ অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অপেক্ষা অণুসমূহের স্থানান্তর গতি অধিক হয়ে থাকে। যেমন, হাইড্রোজেন গ্যাস, $H_2$।

**গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য আছে।** যেমন–

**(১) আকৃতি ও আয়তন ঃ** গ্যাসসমূহের কোন নির্দিষ্ট আকৃতি ও আয়তন নেই। যে পাত্রে রাখা হয়, গ্যাসসমূহ সে পাত্রের আকৃতি ও আয়তন ধারণ করে। যেকোন স্বল্প পরিমাণের যেকোন গ্যাস এর পাত্রের অভ্যন্তরস্থ সম্পূর্ণ স্থান দখল করে।

**(২) গ্যাসের ঘনত্ব ঃ** গ্যাসের ঘনত্ব কম হয়। তাই অধিক চাপে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায়।

**(৩) চাপে আয়তনের সংকোচন ঃ** গ্যাসের আন্তঃআণবিক স্থান খুব বেশি থাকায় **গ্যাস অত্যন্ত সংকোচনশীল।** চাপ প্রয়োগ করলে এদের আয়তন খুব হ্রাস পায়।

**(৪) তাপে আয়তনের সম্প্রসারণ ঃ** গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব অত্যধিক। স্থির চাপে গ্যাসসমূহের **তাপীয় সম্প্রসারণ খুব বেশি।** অর্থাৎ তাপ প্রয়োগে গ্যাসের আয়তন খুব বৃদ্ধি পায়।

**(৫) সমসত্ত্ব মিশ্রণ ক্ষমতা ঃ** পরস্পর বিক্রিয়াবিহীন একাধিক গ্যাস সকল অনুপাতে পরস্পরের সাথে সম্পূর্ণরূপে মিশ্রিত হয়ে **সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে।**

### ১.৫.১। গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার একক

**(১) আয়তন (Volume) ঃ** কোন পাত্রের যে আয়তনের মধ্যে গ্যাসের অণুসমূহ ইতস্তত ছুটাছুটি করে তাকে ঐ গ্যাস দ্বারা দখলকৃত আয়তন বলে। গ্যাসের আয়তন তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। গ্যাসের আয়তনকে 'V' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। গ্যাসের আয়তন পরিমাপের বিভিন্ন একক ও তাদের সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

বর্তমানে **এস. আই (SI) এককে গ্যাসের আয়তনকে** ঘনমিটারে ($m^3$) বা ঘন ডেসি মিটারে ($dm^3$) বা ঘন সেন্টিমিটারে ($cm^3$) প্রকাশ করা হয়। এছাড়া আয়তনকে লিটারে (L) বা মিলি লিটারে (mL) প্রকাশ করা হয়।

http://pdfcorner.com

**এককসমূহের সম্পর্ক ঃ**

$1m^3 = 10^3dm^3$ বা, $1000\ dm^3 = 10^3\ L$ বা, $1000\ L = 10^6\ cm^3$

আবার $1dm^3 = 1000\ cm^3 = 1\ L = 1000\ mL.$

সুতরাং $1m^3 = 10^3dm^3 = 1000\ L$ $\therefore\ 1\ L = 1 \times 10^{-3}m^3$, $\therefore\ 22.414\ L = 22.414 \times 10^{-3}m^3$

**(২) চাপ (Pressure) ঃ**

গ্যাসপাত্রে গ্যাসের অণুসমূহ অবিরত ইতস্তত ছুটাছুটি করার ফলে পাত্রের একক ক্ষেত্রফলের উপর গ্যাস অণুসমূহ যে বল প্রয়োগ করে তাকে গ্যাসের চাপ বলে। বহুকাল থেকে গ্যাসের চাপের একক বায়ুচাপ বা বায়ুমণ্ডল বা অ্যাটমসফিয়ার (atmosphere, সংক্ষেপে atm) ব্যবহৃত হয়ে আসছে। 0°C তাপমাত্রায় 45° অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ 760 mm পারদ স্তম্ভের চাপের সমান হয়, তাকে এক বায়ুমণ্ডল চাপ বা এক বায়ুচাপ (1atm) বলে। মি. মি. পারদ (mm Hg) এককেও চাপ প্রকাশ করা হয়। বিজ্ঞানী টরিসেলির (E. Torricelli) নামানুসারেও নিম্নচাপের ক্ষেত্রে টর (torr) একক ব্যবহৃত হয়। 1 torr = 1 mm (Hg)। সাধারণভাবে বিভিন্ন গণনার কাজে চাপের একক atm, mm (Hg) বা torr. ব্যবহৃত হলেও বর্তমানে বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা–নিরীক্ষার কাজে SI এককে গ্যাসের চাপ নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়।

**SI এককে গ্যাসের চাপকে** নিউটন/মিটার$^2$ ($Nm^{-2}$) বা প্যাসকেল (Pa) এককে প্রকাশ করা হয়। প্রতি বর্গমিটারে এক নিউটন বলকে প্যাসকেল (pascal) বলা হয়। $1Pa = 1\ Nm^{-2}$ [$Nm^{-2} = kgms^{-2}.m^{-2} = kgm^{-1}s^{-2}$]

1 বায়ুমণ্ডল চাপ = 1 atm = 0.76 m (Hg) স্তম্ভের ভর

$= 0.76\ m \times (13.5951 \times 10^3\ kgm^{-3}) \times 9.80665\ ms^{-2}$

$1\ atm = \mathbf{101.325} \times 10^3\ Nm^{-2} = 101.325 \times 10^3\ Pa = \mathbf{101.325\ kPa.}$

$\therefore$ **1 atm** = 101.325 kPa $\approx 1.01 \times 10^5$ Pa (প্রায়) $= 1.01 \times 10^5\ Nm^{-2} =$ **760 mm (Hg)**

**চাপের বিভিন্ন এককের সম্পর্ক ঃ** গ্যাসের চাপকে নিম্নোক্ত বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা হয়। যেমন–

1 atm = 76.0 cm (Hg) = 760 mm (Hg) = 101.325 kPa = $101.325 \times 10^3$ Pa = 760 torr = 1 bar

উল্লেখ্য, SI এককে **যে পরিমাণ বল এক কিলোগ্রাম ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়ে এক মিটার/(সেকেন্ড)$^2$ ত্বরণ সৃষ্টি করে, তাকে এক নিউটন (N) বলে।** $\therefore$ 1N বল = $1\ kgms^{-2}$

**(৩) তাপমাত্রা (Temperature) ঃ** বহুকাল যাবৎ তাপমাত্রা প্রকাশের জন্য সেলসিয়াস স্কেল ও ফারেনহাইট স্কেল ব্যবহৃত হয়ে আসছে। বর্তমানে সেলসিয়াস স্কেলের ঋণাত্মক মানকে ধনাত্মক মানে পরিবর্তন করার জন্য **পরম তাপমাত্রা স্কেল** (Absolute scale of temperature) নামক নতুন স্কেল প্রবর্তিত হয়েছে, এটিকে তাপমাত্রার **কেলভিন স্কেল** (Kelvin scale of temperature)-ও বলা হয়। সেলসিয়াস স্কেলের তাপমাত্রার প্রতীক t এবং কেলভিন স্কেল তাপমাত্রার প্রতীক T ধরা হয়। কিন্তু সেলসিয়াস তাপমাত্রাকে °C রূপে এবং কেলভিন তাপমাত্রাকে K রূপে উল্লেখ করা হয়। যেমন, কক্ষতাপমাত্রা t = 25°C বা, T = 298 K। সেলসিয়াস স্কেল ও কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রার পারস্পরিক সম্পর্ক ঃ **কেলভিন তাপমাত্রা = 273 + সেলসিয়াস তাপমাত্রা**

কারণ, 0°C $\hat{=}$ 273.15 K (সংক্ষেপে 273 K)

যেমন, 25°C $\hat{=}$ (273.15 + 25) K = 298.15 K (সংক্ষেপে 298 K)।

এখানে ব্যবহৃত $\hat{=}$ চিহ্নের অর্থ হল 'অনুরূপ'; (এটি গুণগত সম্পর্ক প্রকাশক চিহ্ন)

উল্লেখ্য **প্রমাণ তাপমাত্রা** বলতে 0°C বা, 273 K ধরা হয়।

**কক্ষতাপমাত্রা** বলতে 25°C বা, 298 K ধরা হয়।

**(খ) বর্তমানে গ্যাসের মোলার আয়তন প্রকাশের দুটি পদ্ধতি আছে।** যেমন–

**(১) STP পদ্ধতি ঃ** STP এর পুরো নাম Standard Temperature and Pressure. এ পদ্ধতিতে তাপমাত্রা 0°C বা, 273 K ও চাপ 1 atm বা 101.325 kPa ধরা হয়। STP-তে গ্যাসের মোলার আয়তন হয়, $V_m = 22.414\ Lmol^{-1}$।

http://pdfcorner.com

**(২) SATP পদ্ধতি ঃ** SATP এর পুরো নাম Standard Ambient Temperature and Pressure.

এ পদ্ধতিতে তাপমাত্রা 25°C বা, 298 K ও চাপ 100 kPa (কিলো প্যাসকেল) ধরা হয়। SATP-তে গ্যাসের মোলার আয়তন, $V_m^{\theta} = 24.789\ Lmol^{-1}$।

## ১.৬। গ্যাসের সূত্রসমূহ
### Laws of Gases

গ্যাসের মোল সংখ্যা (n), আয়তন (V), চাপ (P) ও তাপমাত্রা (T) প্রভৃতির যে কোন দুটি রাশিকে স্থির রেখে অপর দুটির উপর মাত্রিকভাবে পরীক্ষা–নিরীক্ষা করে বিজ্ঞানিগণ গ্যাসের ভৌত ধর্মভিত্তিক বিভিন্ন সূত্র আবিষ্কার করেন। **এ সূত্রসমূহ গ্যাসসূত্র নামে পরিচিত। উল্লেখযোগ্য গ্যাস সূত্রসমূহ হচ্ছে ঃ**

**(১) বয়েলের সূত্র ঃ** যা স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব প্রকাশ করে।

**(২) চার্লসের বা গে লুস্যাকের সূত্র ঃ** যা গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রার প্রভাব প্রকাশ করে।

**(৩) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ** যা গ্যাসের অণুর সংখ্যা ও মোলার আয়তন সম্পর্কিত তথ্য প্রদান করে।

এছাড়া কেবল মিশ্র গ্যাসের জন্য আরো দুটি গুরুত্বপূর্ণ সূত্র রয়েছে। যেমন,

**(১) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ** যা গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ও উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপের সম্পর্ক প্রকাশ করে।

**(২) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র ঃ** যা গ্যাসের ঘনত্ব ও ব্যাপন হার সম্পর্কিত তথ্য প্রদান করে।

## ১.৭। বয়েলের সূত্র
### Boyle's Law

রবার্ট বয়েল তাপমাত্রা স্থির রেখে বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কে বহু গবেষণা করেন। তাঁর এ গবেষণার ফলাফল তিনি ১৬৬০ খ্রিস্টাব্দে প্রকাশ করেন, একে বয়েলের সূত্র বলা হয়। **বয়েলের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**"স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।"**

অর্থাৎ, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ বা ভরবিশিষ্ট কোন গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ $P_1$ এবং তার আয়তন $V_1$ হলে তখন বয়েলের সূত্র মতে,

$$V_1 \propto \frac{1}{P_1},\ \text{বা,}\ V_1 = K.\frac{1}{P_1},\ \text{এখানে}\ K \text{ হল আনুপাতিক ধ্রুবক।}$$

অর্থাৎ, $P_1V_1 = K$ (ধ্রুবক) ... ... (১)

নির্দিষ্ট ভরের ঐ একই গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ $P_2$ এবং সে চাপে আয়তন $V_2$ হলে; তখন স্থির তাপমাত্রায়, অনুরূপভাবে আমরা পাই,

$$P_2V_2 = K \text{ (ধ্রুবক)} \qquad (২)$$

এখন সমীকরণ (১) ও (২) থেকে পাই, $P_1V_1 = P_2V_2$

∴ **বয়েলের সূত্রের সমীকরণ হল** $\boxed{P_1V_1 = P_2V_2}$

উল্লেখ্য স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের জন্য বয়েলের সূত্রের সমীকরণের ধ্রুবকের নির্দিষ্ট ধ্রুবক মান আছে। যেমন 0°C বা 273 K তাপমাত্রায় 1 mol যে কোন গ্যাসের জন্য $K = PV = 1 \times 22.414$ L atm. এবং 25°C বা 298 K তাপমাত্রায় $K = PV = 1 \times 24.789$ L bar বা, $1 \times 24.4655$ L atm.

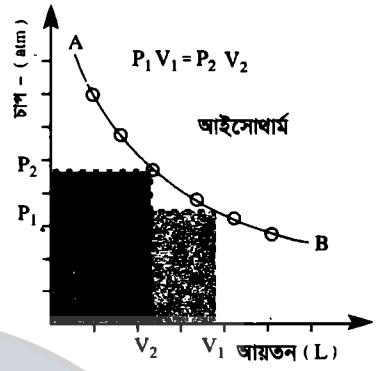
উপরিউক্ত বয়েলের সূত্রের গাণিতিক সমীকরণ $P_1V_1 = P_2V_2 = K$ থেকে **বয়েলের সূত্রের বিকল্প বিবৃতি নিম্নরূপ দেয়া যায় ঃ "স্থির তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ (P) ও আয়তন (V) এর গুণফল ধ্রুবক।"**

http://pdfcorner.com

## লেখচিত্রের সাহায্যে বয়েলের সূত্রের ব্যাখ্যা

### (ক) গ্যাসের চাপ (P) বনাম আয়তনের (V) লেখচিত্র ঃ

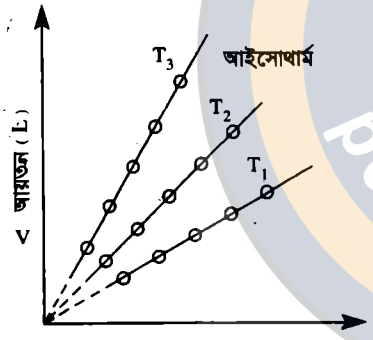
নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের উপর বিভিন্ন চাপ প্রয়োগ করে এবং বিভিন্ন চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন লিপিবদ্ধ করে Y-অক্ষকে চাপ (P) ও X-অক্ষকে আয়তন (V) ধরে লেখচিত্র অঙ্কন করলে চিত্র ১.২ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় একই ভরের গ্যাসের জন্য বিভিন্ন লেখচিত্র পাওয়া যাবে। এ সকল লেখচিত্রের আকৃতি অধিবৃত্তীয় (hyperbolic) হয়। স্থির তাপমাত্রায় যে প্রক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়, তাকে সমতাপীয় প্রক্রিয়া (isothermal process) বলা হয়। এ কারণে প্রাপ্ত অধিবৃত্তীয় রেখাসমূহকে **সমতাপরেখা বা সমোষ্ণলেখ বা আইসোথার্ম** (isotherm) বলা হয়। [ গ্রিক ভাষায় iso শব্দের অর্থ হচ্ছে একই বা সমান, therm শব্দের অর্থ তাপমাত্রা। ]



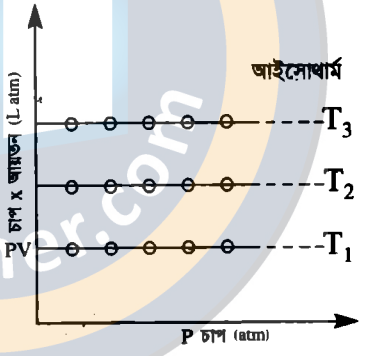

চিত্র ১.২ ঃ P বনাম V রেখা, গ্যাসের সমতাপরেখা (AB,)

### (খ) গ্যাসের V বনাম $P^{-1}$ এর লেখচিত্র এবং PV বনাম P লেখচিত্র

গ্যাসের আয়তন (V)-কে গ্যাসের চাপের ব্যস্তানুপাত ($P^{-1}$)-এর বিপরীতে লিপিবদ্ধ করে লেখচিত্র অঙ্কন করলে সরলরেখা (চিত্র ১.৩) পাওয়া যায়। অপরদিকে যেহেতু চাপ ও আয়তনের গুণফল ধ্রুবক সেহেতু PV এর বিপরীতে P স্থাপন করলে আনুভূমিক সরলরেখা পাওয়া যায় [লেখচিত্র ১.৪]।




চিত্র ১.৩ ঃ V বনাম $\frac{1}{P}$ লেখচিত্র।




চিত্র ১.৪ ঃ PV বনাম P লেখচিত্র।

এখানে উল্লেখ্য যে, বয়েলের সূত্র উচ্চ তাপমাত্রায় ও কম চাপে বিশেষভাবে প্রযোজ্য, নিম্ন তাপমাত্রায় ও উচ্চ চাপে এ সূত্র হতে বিচ্যুতি দেখা যায়।

## ১.৭.১। বয়েলের সূত্র প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান

**উদাহরণ ১। স্থির তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন 3.15 L হয়। ঐ অক্সিজেন গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি করে 2.50 atm করা হল; তখন ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে?**

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির আছে।

সুতরাং বয়েলের সূত্রমতে,

$P_1V_1 = P_2V_2$;

$\therefore V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$

$= \frac{1 \text{ atm} \times 3.15 \text{ L}}{2.5 \text{ atm}} = 1.26 \text{ L}.$

প্রশ্নমতে,

গ্যাসের প্রথম চাপ, $P_1 = 1$ atm.

গ্যাসের প্রথম আয়তন, $V_1 = 3.15$ L.

পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 2.5$ atm.

পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = ?$

**উত্তর ঃ** 2.5 atm. চাপে ঐ অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন 1.26 L হবে।



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২। একটি ফ্লাস্কে 10 atm. চাপে 50 L হাইড্রোজেন ভর্তি করা আছে। 2 L আয়তনবিশিষ্ট কতটি বেলুনকে ঐ গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা যাবে; যখন প্রতিটি বেলুনের ভেতর হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ 2 atm হবে। প্রতি ক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির আছে।**

**সমাধান ঃ** গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির আছে। মনে করি, বেলুনের সংখ্যা হল n; আবার প্রতিটি বেলুনের গ্যাসের ধারণ ক্ষমতা 2 L। সুতরাং গ্যাসভর্তি n সংখ্যক বেলুনের আয়তন বা গ্যাসের মোট আয়তন হবে 2n L।

বয়েলের সূত্র মতে,

$P_1V_1 = P_2V_2$

$\therefore$ 10 atm × 50 L = 2 atm × 2n L

$\therefore n = \frac{10 \text{ atm} \times 50 \text{ L}}{2 \text{ atm} \times 2 \text{ L}}$

$= 125$

প্রশ্নমতে,

১ম অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_1 = 10$ atm.

,, গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 50$ L

২য় অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_2 = 2$ atm.

,, গ্যাসের আয়তন, $V_2 = 2n$ L

**উত্তর ঃ** 125টি বেলুন।

**উদাহরণ ৩। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে কয়েকটি মার্বেলসহ একটি গ্যাসের আয়তন 200 mL হয়। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে চাপকে দ্বিগুণ করা হলে ঐ মার্বেলসহ গ্যাসের আয়তন হ্রাস পেয়ে 105 mL হয়। ঐ মার্বেলের আয়তন কত?**

**সমাধান ঃ** ধরা যাক, মার্বেলের আয়তন = V mL। কঠিন মার্বেলের আয়তনের উপর চাপের কোন প্রভাব নেই। তাই উভয় অবস্থায় প্রদত্ত গ্যাসের আয়তন থেকে মার্বেলের আয়তন বাদ যাবে।

বয়েলের সূত্র মতে,

$P_1V_1 = P_2V_2$

$\therefore$ 1 atm × (200 – V) mL = 2 atm × (105 – V) mL

বা, 200 – V = 210 – 2V

বা, V = (210 – 200) = 10 mL.

প্রশ্নমতে, গ্যাসের

প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = (200 - V)$ mL

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ atm.

পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = (105 - V)$ mL

পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 2$ atm.

**উত্তর ঃ** মার্বেলের মোট আয়তন 10 mL বা, 10 $cm^3$.

**উদাহরণ ৪। স্থির তাপমাত্রায় এক বায়ুমণ্ডল চাপে রক্ষিত 100 mL হাইড্রোজেন গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে এর আয়তন 76 mL হয়। গ্যাসের চাপ বৃদ্ধির পরিমাণ নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ**

বয়েলের সূত্র মতে,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$

$= \frac{760 \text{ mm (Hg)} \times 100 \text{ mL}}{76 \text{ mL}}$

$= 1000$ mm (Hg)

প্রশ্নমতে,

গ্যাসের প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ atm.

$= 760$ mm (Hg)

গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 100$ mL

গ্যাসের পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = ?$

গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = 76$ mL

$\therefore$ চাপের বৃদ্ধি = (1000 – 760) mm (Hg) = 240 mm (Hg) = $\frac{240}{760}$ atm = $\frac{6}{19}$ atm.

**উত্তর ঃ** 240 mm (Hg) বা, $\frac{6}{19}$ atm চাপ বৃদ্ধি করা হয়েছে।

http://pdfcorner.com

### ১.৭.২। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্বের উপর চাপের প্রভাব

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এবং $P_1$ ও $P_2$ চাপে যদি কোন স্থির ভর (W) বিশিষ্ট একটি গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে $V_1$, $V_2$ ও $d_1$, $d_2$ হয়, তবে বয়েলের সূত্রানুসারে–

$P_1V_1 = P_2V_2$ = একটি স্থির সংখ্যা (১)

আবার ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$ ; $\therefore d_1 = \frac{W}{V_1}$ ; $d_2 = \frac{W}{V_2}$ ; বা, $V_1 = \frac{W}{d_1}$ ; $V_2 = \frac{W}{d_2}$ .

এ মানগুলো সমীকরণ (১) এ বসিয়ে পাওয়া যায়;

$$\frac{P_1 W}{d_1} = \frac{P_2 W}{d_2} = \text{একটি স্থির সংখ্যা;} \quad \text{বা,} \quad \frac{P_1}{d_1} = \frac{P_2}{d_2} = \text{একটি স্থির সংখ্যা;}$$

অর্থাৎ $\frac{P}{d}$ = ধ্রুবক (স্থির তাপমাত্রায়); বা, $P = d \times$ ধ্রুবক (স্থির তাপমাত্রায়)

অর্থাৎ $d \propto P$ (স্থির তাপমাত্রায়)। এ গাণিতিক সম্পর্ককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

**স্থির তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার উপর প্রযুক্ত চাপের আনুপাতিক।**

## ১.৮। চার্লসের সূত্র
## Charles' Law

১৭৮৭ খ্রিস্টাব্দে চার্লস এবং ১৮০২ খ্রিস্টাব্দে গে-লুস্যাক স্বতন্ত্রভাবে তাপমাত্রার সাথে গ্যাসের আয়তনের সম্পর্কীয় সূত্র আবিষ্কার করেন। তাই এ সূত্রটিকে চার্লসের সূত্র বা গে–লুস্যাকের সূত্রও বলে। গ্যাসের **চার্লসের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0°C তাপমাত্রায় তার আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।**

যদি নির্দিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0° C তাপমাত্রায় $V_o$ এবং t° C তাপমাত্রায় $V_t$ হয়, তবে চার্লসের সূত্র অনুসারে,

1° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন হবে $= V_o + \frac{V_o \times 1}{273} = V_o \left(1 + \frac{1}{273}\right)$

4° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন হবে $= V_o + \frac{V_o \times 4}{273} = V_o \left(1 + \frac{4}{273}\right)$

t° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন হবে $= V_o + \frac{V_o \times t}{273} = V_o \left(1 + \frac{t}{273}\right) = V_t$

$\therefore V_t = V_o \left(1 + \frac{t}{273}\right) = V_o \left(\frac{273 + t}{273}\right)$

এ সমীকরণ সব গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। অর্থাৎ এক ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে প্রতিটি গ্যাসের আয়তন তার 0° C আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ (অধিকতর সূক্ষ্মভাবে $\frac{1}{273.15}$ অংশ) বৃদ্ধি পাবে। এ ভগ্নাংশকে গ্যাসের প্রসারাঙ্ক বলা হয়। সুতরাং গ্যাসের তাপীয় প্রসারাঙ্ক, $\alpha = \frac{V_o}{273.15}$ ।

উল্লেখ্য চার্লসের সূত্রের উপরিউক্ত সমীকরণ মতে,

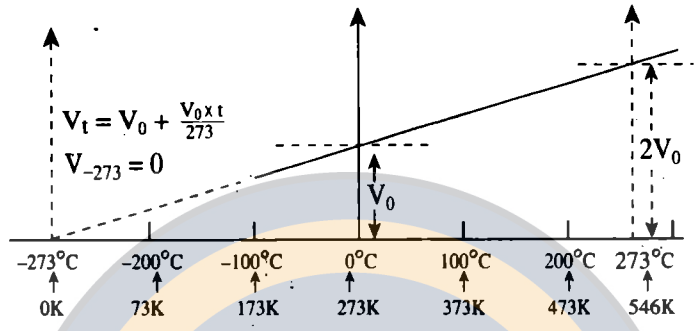
(i) যদি t° C = 273° C হয়, তখন $V_t = 2V_o$ হয়; অর্থাৎ 0° C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 100 mL হলে 273° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে দ্বিগুণ যেমন $100 \times 2$ mL = 200 mL হবে।

(ii) আবার t° C = – 273° C হলে, তখন $V_t = 0$ হয়; অর্থাৎ 0° C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 100 mL হলে শূন্য ডিগ্রির নিচে – 273° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন হ্রাস পেয়ে তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়।

http://pdfcorner.com

## ১.৮.১। লেখচিত্রের সাহায্যে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তনের ব্যাখ্যা

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সব গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা হ্রাসে আয়তন হ্রাস পায়। গ্যাসের আয়তনকে Y অক্ষ ও সংশ্লিষ্ট তাপমাত্রাকে X অক্ষ হিসেবে তাপমাত্রার বিপরীতে গ্যাসের আয়তনভিত্তিক লেখচিত্র অঙ্কন করলে দেখা যায় যে, স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন সরল রৈখিকভাবে হ্রাস পায় (লেখচিত্র ১.৫ দ্রষ্টব্য)।




চিত্র ১.৫ ঃ চার্লসের সূত্র মতে গ্যাসের আয়তনের বিলুপ্তি (– 273° C-এ) ও দ্বিগুণ বৃদ্ধি (273° C-এ) লেখচিত্র।

বাস্তবক্ষেত্রে –273° C নিম্ন তাপমাত্রায় পৌঁছার বহু পূর্বে সব গ্যাস কোন না কোন তাপমাত্রায় তরল হয়ে যায়। এরপর আর পরীক্ষণ বিন্দু পাওয়া যায় না। কিন্তু সরলরেখাসমূহকে নিম্ন তাপমাত্রার দিকে প্রসারিত (extrapolate) করলে দেখা যায় যে, – 273.15° C তাপমাত্রায় সব গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়। এ তাপমাত্রা গ্যাসের প্রকৃতি বা চাপের উপর নির্ভর করে না। তাই – 273.15° বা, – 273° C তাপমাত্রাকেই **পরমশূন্য তাপমাত্রা** বলা হয় এবং তাকে 0° A বা 0 K দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। A হচ্ছে Absolute বা ''পরম''-এর সংক্ষিপ্ত প্রকাশ; আর K হচ্ছে Kelvin-এর সংক্ষিপ্ত প্রকাশ। বর্তমানে কেলভিন শব্দটিই ব্যবহৃত হয়। সূক্ষ্ম হিসাবে এ তাপমাত্রা হচ্ছে – 273.15° C তবে সাধারণ হিসাবে একে – 273° C ধরা হয়।

**সিদ্ধান্ত ঃ** (১) লেখচিত্র থেকে সুস্পষ্ট যে, 0° C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $V_0$ লিটার হলে, তা – 273° C তাপমাত্রায় এর আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য বা বিলুপ্তি ঘটে।

(২) আবার 273° C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে $2V_0$ L হয়।

## ১.৮.২। পরমশূন্য তাপমাত্রা এবং এর তাৎপর্য
### Absolute Zero Temperature & Its Significance

**পরমশূন্য তাপমাত্রা ঃ** চাপ অপরিবর্তিত রেখে যে কোন গ্যাসের তাপমাত্রা – 273° C এ হ্রাস করা হলে চার্লসের সূত্রের সমীকরণ অনুযায়ী ঐ গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়। যেমন, চার্লসের সূত্র মতে, $V_t = V_o \frac{(273 + t)}{273}$,

এখানে $t = -273°C$ হলে, তখন $V_t = V_o \left(\frac{273 - 273}{273}\right) = 0$ হয়।

**যে তাপমাত্রায় চার্লস বা গে-লুস্যাক-এর সূত্রানুসারে গ্যাসের আয়তনের বিলুপ্তি ঘটে অর্থাৎ আয়তন শূন্য হয়ে যায়, সে তাপমাত্রাকে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলা হয়।** অর্থাৎ পরমশূন্য তাপমাত্রা হল – 273°C।

**পরমশূন্য তাপমাত্রার তাৎপর্য ঃ** (১) পরমশূন্য তাপমাত্রা গ্যাসের প্রকৃতি ও চাপের উপর নির্ভর করে না।

(২) এ তাপমাত্রাকে পরমশূন্য বা absolute zero বলার বিশেষ কারণ হল চার্লসের সূত্র মতে, তাত্ত্বিকভাবে এ তাপমাত্রার নিচে আর তাপমাত্রা হতে পারে না। কারণ এ তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক মান হয়; যার কোন ভৌত তাৎপর্য থাকে না। অধিকন্তু আজ পর্যন্ত কোন গ্যাসকে পরমশূন্য তাপমাত্রায় পৌঁছানো সম্ভব হয়নি।

http://pdfcorner.com

(৩) পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের স্থানান্তর গতি শূন্য হয়; গ্যাসের অণুসমূহের স্থানান্তরণ একেবারে স্তব্ধ হয়ে যায়। এ সময় অণুসমূহ পরস্পরের খুবই নিকটে আসে; ফলে আয়তন খুবই কম হয়। পরমশূন্য তাপমাত্রায় পৌঁছার পূর্বেই গ্যাস তরল বা কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়—কখনোই গ্যাস থাকে না এবং আয়তন কখনও শূন্য হয় না।

(৪) গতিতত্ত্বের স্বীকার্য মতে, যেহেতু অণুসমূহের গড় গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক; তাই গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাসের সাথে অণুসমূহের সব প্রকার গতি যেমন স্থানান্তর, আবর্তন ও কম্পন গতি হ্রাস পায় এবং পরমশূন্য তাপমাত্রায় অণুসমূহের আবর্তন ও স্থানান্তর গতি থাকে না; শুধুমাত্র কম্পন গতি থাকে। পরমশূন্য তাপমাত্রায় কম্পন গতির জন্য পদার্থের যে শক্তি অবশিষ্ট থাকে, তাকে শূন্য বিন্দু শক্তি (zero point energy) বলা হয়।

## ১.৮.৩। পরম তাপমাত্রা স্কেল
### Absolute Temperature Scale

চার্লসের সূত্র থেকে নিম্নমতে 'পরম তাপমাত্রা স্কেল' নামক নতুন তাপমাত্রা স্কেল প্রতিষ্ঠা লাভ করে। চার্লসের সূত্রটি হল ঃ 'স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0° C তাপমাত্রায় তার আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।'

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন 0° C এবং t° C তাপমাত্রায় যথাক্রমে $V_0$ এবং $V_t$ হলে, চার্লসের সূত্র মতে–

$$V_t = V_0 \times \frac{(273 + t)}{273}$$

তাপমাত্রা $t = -273°$ C হলে, তখন $V_t = V_0 \frac{(273 - 273)}{273} = 0$ হয়।

অর্থাৎ – 273° C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় বা বিলুপ্তি ঘটে। তাই – 273° C কে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা রূপে গণ্য করে পরমশূন্য তাপমাত্রা ধরা হয়। পরমশূন্য তাপমাত্রা অর্থাৎ –273° C–কে শূন্য হিসাবে ধরে তাপমাত্রা পরিমাপের একটি নতুন স্কেল উদ্ভাবন করা হয়েছে। এ তাপমাত্রার প্রতি ডিগ্রির বিভাগ সেলসিয়াস বা সেন্টিগ্রেড স্কেলের বিভাগের সমান। এ স্কেলকে তাপমাত্রার পরম স্কেল বলা হয়। পূর্বে পরম স্কেলে তাপমাত্রার সংকেত °A (degree Absolute) ব্যবহৃত হলেও পরবর্তীতে °K (degree Kelvin) এবং বর্তমানে শুধুমাত্র K (Kelvin, উচ্চারণ– কেলভিন) ব্যবহৃত হয়। সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রাকে t এবং পরম স্কেলে তাপমাত্রাকে T দ্বারা নির্দেশ করা হয়। যেহেতু পরমশূন্য তাপমাত্রার সংজ্ঞানুসারে,

$0K \hat{=} -273°$ C; (এখানে $\hat{=}$ চিহ্ন দ্বারা অনুরূপ (corresponds to) বোঝানো হয়।)

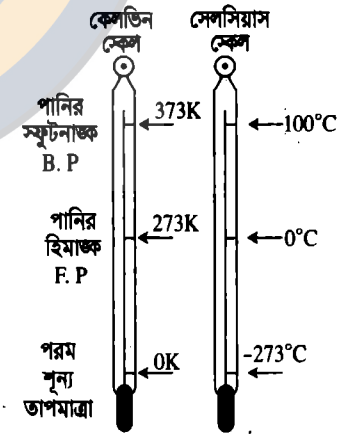
এবং যেহেতু 1 K পার্থক্য = 1 °C পার্থক্য, সেহেতু

$$T \hat{=} (273 + t)$$

অর্থাৎ $t°$ C $\hat{=}$ (273 + t) K.

সুতরাং পরমতাপমাত্রা স্কেল বা কেলভিন স্কেলে কোন তাপমাত্রা এর সেলসিয়াস স্কেলের মান অপেক্ষা 273 সংখ্যা মানে বেশি হয়। সেলসিয়াস স্কেলের তাপমাত্রার মানের সঙ্গে 273 যোগ করলে কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা পাওয়া যায়। উল্লেখ্য কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রার ঋণাত্মক সংখ্যামান হয় না।

তবে গাণিতিক সমাধানের বেলায় 'অনুরূপ' $\hat{=}$ চিহ্নের বদলে সাধারণভাবে 'সমান' = চিহ্ন ব্যবহার করা হল।



চিত্র ১.৫.১ ঃ কেলভিন স্কেল ও সেলসিয়াস স্কেল।

**উদাহরণ ৫। বর্তমানে কক্ষের তাপমাত্রা 25° C হলে পরম স্কেলে এ তাপমাত্রা কত?**

**সমাধান ঃ** যেহেতু T = (273 + t); সুতরাং 25° C = (273 + 25) = 298 K

**উদাহরণ ৬। কোন তরলীভূত গ্যাসের তাপমাত্রা 5 K। সেলসিয়াস স্কেলে এ তাপমাত্রা কত?**

**সমাধান ঃ** T K = (T – 273)° C ∴ 5 K = (5 – 273)° C = – 268° C

http://pdfcorner.com

## ১·৮·৪। কেলভিন বা পরম তাপমাত্রা স্কেল অনুসারে চার্লস সূত্রের প্রতিপাদন ও বিবৃতি

যদি স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের বেলায়,

$0°C$ তাপমাত্রায় এর আয়তন $= V_o$ L হয়,

$t_1°C$ ,, ,, ,, $= V_1$ L হয়,

$t_2°C$ ,, ,, ,, $= V_2$ L হয়, তবে চার্লসের সূত্রের সমীকরণ মতে,

$$V_1 = V_o\left(\frac{273 + t_1}{273}\right) \quad \ldots \text{(i)} \quad \text{এবং} \quad V_2 = V_o\left(\frac{273 + t_2}{273}\right) \quad \ldots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) কে (ii) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(273 + t_1)}{(273 + t_2)} = \frac{T_1}{T_2} \text{ ; যেহেতু } 273 + t°C = TK$$

অর্থাৎ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ বা, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ [বজ্রগুণন করে]

অর্থাৎ সাধারণভাবে $\frac{V}{T} = K$ (এখানে K = ধ্রুবক)

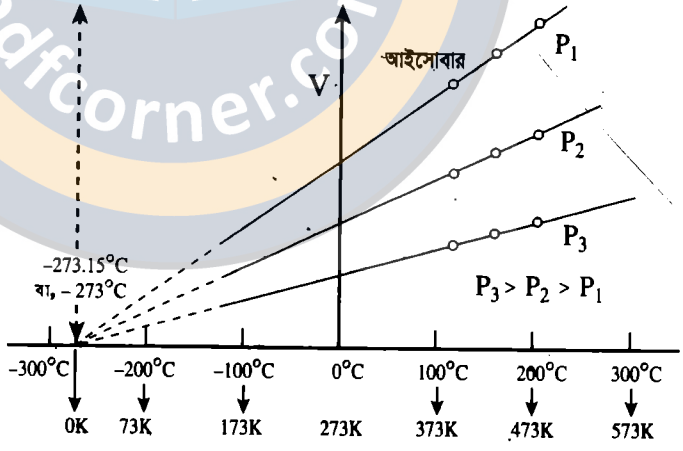
বা, $V = KT$ $\therefore V \propto T$, যখন গ্যাসের চাপ স্থির থাকে।

এ গাণিতিক সম্পর্ককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় এবং একে **কেলভিন বা পরম তাপমাত্রায় চার্লসের সূত্র** বলে ঃ

**"স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার কেলভিন বা পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"**

**লেখচিত্রের সাহায্যে চার্লসের সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ**

চার্লসের সূত্রের সমীকরণ $V = KT$ থেকে বোঝা যায় যে, স্থির চাপে যে কোন গ্যাসের নমুনার আয়তন তার কেলভিন তাপমাত্রার বিপরীতে লেখচিত্রে বসালে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়, যা মূলবিন্দুগামী হয় (চিত্র ১.৬)। তাপমাত্রার অন্যান্য স্কেলের ক্ষেত্রেও সরলরৈখিক লেখচিত্র পাওয়া যায়, তবে তা মূলবিন্দুগামী নয় (যেমন চিত্র ১.৬–এ 0° C তাপমাত্রা দ্রষ্টব্য)।




চিত্র ১.৬ ঃ তিনটি ভিন্ন স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন (V) বনাম তাপমাত্রা (°C বা K) লেখচিত্র।

স্থির চাপে কোন প্রক্রিয়া সম্পাদন করলে প্রক্রিয়াটিকে **সমচাপ বা সমপ্রেষ প্রক্রিয়া** (isobaric process; iso = একই, bar = চাপ) বলা হয়। সুতরাং স্থির চাপে, তাপমাত্রার বিপরীতে গ্যাসের আয়তনের যে লেখচিত্র পাওয়া যায়, **তাকে সমচাপ বা সমপ্রেষ রেখা বা আইসোবার** (isobar) বলা হয়।

**চার্লসের সূত্র ঃ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = K$ (ধ্রুবক) (স্থির চাপে)।**

http://pdfcorner.com

## ১.৮.৫। নির্দিষ্ট চাপে গ্যাসের ঘনত্বের উপর তাপমাত্রার প্রভাব
**Effect of temperature on density of a gas at constant pressure**

নির্দিষ্ট চাপে ও $T_1, T_2$ তাপমাত্রায় যদি কোন স্থির ভর (W) বিশিষ্ট একটি গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে $V_1, V_2$ এবং $d_1, d_2$ হয়, তবে চার্লসের সূত্র অনুসারে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{একটি স্থির সংখ্যা;} \qquad (১)$$

আবার ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$; $\therefore d_1 = \frac{W}{V_1}$; $d_2 = \frac{W}{V_2}$ বা, $V_1 = \frac{W}{d_1}$; $V_2 = \frac{W}{d_2}$

এ সকল মান উপরের সমীকরণ (১)-এ বসিয়ে আমরা পাই, $\frac{W}{d_1T_1} = \frac{W}{d_2T_2} =$ একটি স্থির সংখ্যা;

বা, $\frac{1}{d_1T_1} = \frac{1}{d_2T_2} =$ আরেকটি স্থির সংখ্যা;

বা, $d_1T_1 = d_2T_2 =$ অন্য আরেকটি স্থির সংখ্যা;

বা, $dT =$ ধ্রুবক; (স্থির চাপে)। বা, $d = \frac{\text{ধ্রুবক}}{T}$; (স্থির চাপে)।

অর্থাৎ $d \propto \frac{1}{T}$; (স্থির চাপে)। এ গাণিতিক সম্পর্ককে নিম্নরূপ ভাষায় প্রকাশ করা যায় ঃ

**স্থির চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার পরম তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।**

**উদাহরণ ৭। স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের হাইড্রোজেন গ্যাস 300 K (অর্থাৎ 27°C) তাপমাত্রায় 906 mL আয়তন দখল করে। তাপমাত্রা কত হলে ঐ গ্যাসের আয়তন 500 mL হবে?**

**সমাধান ঃ** স্থির চাপে, চার্লসের সূত্র মতে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2};$$

বা, $T_2 = \frac{V_2 \times T_1}{V_1}$

$= \frac{500 \text{ mL} \times 300 \text{ K}}{906 \text{ mL}} = 165.56 \text{ K}$

প্রশ্নমতে,
১ম তাপমাত্রা, $T_1 = 300$ K
১ম আয়তন, $V_1 = 906$ mL
২য় তাপমাত্রা, $T_2 = ?$
২য় আয়তন, $V_2 = 500$ mL

**উত্তর ঃ** 165.56 K অর্থাৎ $(165.56 - 273)^\circ C = -107.44^\circ C$

**উদাহরণ ৮। একটি গ্যাসের তাপমাত্রা 17°C হতে বাড়ান হল; ফলে গ্যাসের চাপ অপরিবর্তিত রইল; কিন্তু আয়তন দ্বিগুণ হয়ে গেল। তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পেল?** [চ. বো. ২০০২; দি. বো. ২০০৯]

**সমাধান ঃ** স্থির চাপে, চার্লসের সূত্রমতে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2};$$

বা, $T_2 = \frac{V_2 \times T_1}{V_1}$

$= \frac{2 \text{ VmL.} \times 290 \text{ K}}{\text{VmL.}}$

$= 580$ K

প্রশ্নমতে,
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = (17 + 273)$ K $= 290$ K
প্রাথমিক আয়তন, $V_1 =$ VmL (মনে করি)
পরিবর্তিত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$
পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = 2 \times$ VmL (প্রশ্ন মতে)

$\therefore$ পরিবর্তিত তাপমাত্রা $= (580 - 273)^\circ C = 307^\circ C$

$\therefore$ নির্ণেয় তাপমাত্রার বৃদ্ধি $= (307 - 17)^\circ C = 290^\circ C$

**উত্তর ঃ** তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হল 290°C।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৯। 27°C তাপমাত্রায় একটি সিলিন্ডারে 5 L গ্যাস আছে। স্থির চাপে ঐ সিলিন্ডারের তাপমাত্রা 30°C করা হলে ঐ সিলিন্ডার থেকে কত আয়তন গ্যাস বের হয়ে যাবে? [এক্ষেত্রে সিলিন্ডারের আয়তন বৃদ্ধি নগণ্য।]**

**সমাধান ঃ** চার্লসের সূত্রমতে;

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2};$$

বা, $V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1}$

$$= \frac{5\ L \times 303\ K}{300\ K} = 5.05\ L$$

∴ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি = (5.05 – 5) L = 0.05 L

প্রশ্নমতে,

গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 5\ L$

প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = (27 + 273) = 300\ K$

পরিবর্তিত তাপমাত্রা, $T_2 = (30 + 273) = 303\ K$

পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = ?$

**উত্তর ঃ** সিলিন্ডার থেকে 0.05 L গ্যাস বের হয়ে যাবে।

## ১.৯। বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয়

### Combination of Boyle's Law and Charles' Law

**বয়েলের সূত্র ঃ** স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

**চার্লসের সূত্র ঃ** 'স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার কেলভিন তাপমাত্রা বা পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।'

নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন $V_1$, চাপ $P_1$ এবং কেলভিন তাপমাত্রা $T_1$ হলে–

(i) বয়েলের সূত্র মতে, $V_1 \propto \frac{1}{P_1}$, [যখন তাপমাত্রা $T_1$ স্থির থাকে।] (1)

(ii) চার্লসের সূত্র মতে, $V_1 \propto T_1$, [যখন চাপ $P_1$ স্থির থাকে।] ... (2)

বীজগণিতের পরিবর্তন রাশির সূত্র মতে, (1) ও (2) নং সম্পর্ক থেকে আমরা লিখতে পারে,

$$V_1 \propto \frac{1}{P_1} \times T_1, \quad [\text{যখন } T_1 \text{ ও } P_1 \text{ উভয় পরিবর্তিত হয়।}]$$

বা, $V_1 = K \times \frac{T_1}{P_1}$, [এক্ষেত্রে K হল একটি আনুপাতিক ধ্রুবক।]

বা, $\frac{P_1V_1}{T_1} = K$, [বজ্রগুণন করে।] (3)

আবার ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের পরিবর্তিত চাপ $P_2$, পরিবর্তিত তাপমাত্রা $T_2$ এবং আয়তন $V_2$ হলে

অনুরূপভাবে আমরা পাই, $\frac{P_2V_2}{T_2} = K$ (4)

সমীকরণ (3) ও (4) থেকে আমরা লিখতে পারি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K$

অর্থাৎ সাধারণভাবে, $PV = KT$ অর্থাৎ $PV \propto T$; এখানে বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র–এ দুটি গ্যাস সূত্রকে সমন্বয় করা হয়েছে বলে $PV = KT$ সমীকরণটিকে **গ্যাসের সমন্বয় সূত্রের সমীকরণ** বলা হয়। এ সমীকরণটি **নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক** প্রকাশ করছে।

### ১.৯.১। গ্যাসের ঘনত্বের উপর তাপমাত্রা ও চাপের যুক্ত প্রভাব

**Combined effect of temperature and pressure on density of a gas**

**মনে করি, নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন, চাপ, পরম তাপমাত্রা ও ঘনত্ব হল যথাক্রমে** V, P, T ও d। এখন দুই ভিন্ন অবস্থায় বয়েলের ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র থেকে পাই,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2};\ \text{বা,}\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2T_1}{P_1T_2} \quad (1)$$

http://pdfcorner.com

আবার স্থির তাপমাত্রায়, বয়েলের সূত্র মতে গ্যাসের আয়তন এর ঘনত্বের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

$\therefore V_1 \propto \frac{1}{d_1}$, বা, $V_1 d_1 = K$ এবং $V_2 \propto \frac{1}{d_2}$, বা, $V_2 d_2 = K$

$\therefore V_1 d_1 = V_2 d_2$; বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2}{d_1}$ (2)

এখন সমীকরণ (1) ও (2) থেকে আমরা পাই,

$\frac{d_2}{d_1} = \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2}$; বা, $\frac{d_1 T_1}{P_1} = \frac{d_2 T_2}{P_2} = K$

## ১.১০। অ্যাভোগাড্রোর সূত্র
### Avogadro's Law

১৮১১ খ্রিস্টাব্দে ইতালীয় পদার্থবিজ্ঞানী অ্যাভোগাড্রো গ্যাসের আয়তন ও অণুর সম্পর্কীয় একটি সূত্র প্রস্তাব করেন। **অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**"স্থির তাপমাত্রায় ও স্থির চাপে সমআয়তনের মৌলিক ও যৌগিক সকল গ্যাসে সমসংখ্যক অণু থাকে।"**

এ সূত্র থেকে পরীক্ষা দ্বারা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, স্থির তাপমাত্রায় ও চাপে সকল গ্যাসেরই মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে তা 22.4 L। অ্যাভোগাড্রোর সূত্র মতে পাওয়া যায়,

**স্থির তাপমাত্রায় ও চাপে কোন গ্যাসের আয়তন এর মোল সংখ্যার সমানুপাতিক হয়।**

$V \propto n$, (যখন গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রা স্থির)

এখানে n = গ্যাসের মোল সংখ্যা এবং V = n মোল ঐ গ্যাসের আয়তন।

## ১.১১। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা
### Avogadro Number

অ্যাভোগাড্রো সূত্র অনুযায়ী একই তাপমাত্রায় ও চাপে সমআয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। আবার একই তাপমাত্রায় ও চাপে সকল গ্যাসেরই মোলার আয়তন সমান। এ দুটি সূত্র ও সিদ্ধান্তকে সংযুক্ত করে বলা যায়; একই তাপমাত্রায় ও চাপে যেকোন গ্যাসের 1 মোলে সমান সংখ্যক অণু থাকে। যেহেতু তাপমাত্রা ও চাপের হ্রাস বৃদ্ধিতে অণুর সংখ্যা বাড়ে না বা কমে না, সেহেতু সকল গ্যাসের 1 মোল (mole) পরিমাণে সমান সংখ্যক অণু থাকে। এ সকল গ্যাসকে শীতল করলে তারা প্রথমে তরল এবং পরে কঠিন পদার্থে পরিণত হবে; কিন্তু অণুর সংখ্যা হ্রাস বৃদ্ধি হবে না। সুতরাং **সকল পদার্থের (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়) এক মোল পরিমাণে নির্দিষ্ট সংখ্যক অণু থাকে, এ সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলা হয়।** এ সংখ্যাকে '$N_A$' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এটি একটি ধ্রুব সংখ্যা, তাই $N_A$ কে **অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক**–ও বলা হয়।

বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা এর মান $6.022 \times 10^{23}$ নির্ণীত হয়েছে। অর্থাৎ

$N_A = 6.022 \times 10^{23}$ অণু $mol^{-1}$।

[ **বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ** n দ্বারা সাধারণত কোন পদার্থের মোল সংখ্যা এবং কোন নমুনায় উপস্থিত মোট অণুর সংখ্যাকে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাকে $N_A$ দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং নমুনা পদার্থের পরিমাণ এক মোল হলে তখন $N = N_A$ হয়। ছাত্রদের মধ্যে বিভ্রান্তি দূর করার জন্য এখানে $N_A$ এবং N এর মধ্যে সম্পর্ক দেখানো হল, $N = N_A \times n$ ]।



http://pdfcorner.com

## ১.১২। বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সমন্বয়
## Combination of Boyle's, Charles' and Avogadro's Laws

**বয়েলের সূত্র ঃ** স্থির তাপমাত্রায়, নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

**চার্লসের সূত্র ঃ** স্থির চাপে, নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার কেলভিন তাপমাত্রা বা পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

**অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ** স্থির তাপমাত্রায় ও চাপে কোন গ্যাসের আয়তন এর মোল সংখ্যার সমানুপাতিক।

মনে করি, T কেলভিন তাপমাত্রায় ও P চাপে n মোল পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V হয়। তাহলে,

(i) বয়েলের সূত্র অনুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$, যখন n ও T স্থির থাকে; (1)

(ii) চার্লসের সূত্র অনুসারে, $V \propto T$, যখন n ও P স্থির থাকে; (2)

(iii) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র মতে, $V \propto n$, যখন T ও P স্থির থাকে; ... (3)

যখন উক্ত গ্যাসের n, V, T, P সব কয়টি একই সাথে পরিবর্তিত হয়, তখন বীজগণিতের সূত্রানুসারে, (1), (2) ও (3) নং সম্পর্ক থেকে আমরা লিখতে পারি,

$$V \propto \frac{1}{P} \times T \times n ;$$

বা, $V = K \times \frac{n\,T}{P}$, এখানে K একটি আনুপাতিক ধ্রুবক।

বা, $PV = nKT$

এখানে K হল আনুপাতিক ধ্রুবক। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প তথা সূত্র মতে আমরা জানি যে, একই তাপমাত্রায় ও চাপে এক মোল পরিমাণ সব গ্যাসের আয়তন অর্থাৎ মোলার আয়তন সমান হয়। তখন সব গ্যাসের বেলায় ঐ আনুপাতিক ধ্রুবক K এর মানও সমান হয়। তাই গ্যাসের এ ধ্রুবকটিকে **মোলার গ্যাস ধ্রুবক** নামে R দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তখন উপরিউক্ত $PV = nKT$ সমীকরণে K এর স্থলে R পদটি বসিয়ে n মোল গ্যাসের জন্য পাই,

$$PV = nRT$$

এক মোল গ্যাসের বেলায়, $n = 1$; তখন এক মোল গ্যাসের জন্য পাই,

$$PV_m = RT$$

এখানে $V_m$ হল গ্যাসের মোলার আয়তন।

**সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক ঃ** আমরা জানি যে, যদি বিভিন্ন গ্যাসের চাপ P, তাপমাত্রা T স্থির থাকে, তখন এক মোল বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন বা মোলার আয়তন V সমান হবে। সুতরাং সমীকরণ $PV = nRT$ হতে বোঝা যায় যে, এক মোল সকল গ্যাসের জন্য R-এর মান সমান। এ কারণে একে **সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক** (Universal gas constant) বা **সংক্ষেপে গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক** বলা হয়।

**আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ (Equation of state of an ideal gas) ঃ** গ্যাস-সূত্রসমূহের সমন্বয়ে প্রতিষ্ঠিত $PV = nRT$ এ সমীকরণটি তাত্ত্বিকভাবে সব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য হলেও বাস্তবক্ষেত্রে কিছুটা বিচ্যুতি দেখা যায়। **যে সব গ্যাস সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বয়েলের ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়। আদর্শ গ্যাস উপরিউক্ত সমীকরণকেও মেনে চলবে। সুতরাং এ সমীকরণকে আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ বলা হয়।** এ সমীকরণটি খুবই গুরুত্বপূর্ণ। গ্যাস সংক্রান্ত বিভিন্ন সমস্যা সমাধানের জন্য এটি প্রয়োগ করতে হয়। (আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস–এর সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য ১.৩৪ অনুচ্ছেদে দেয়া হয়েছে।)

**আদর্শ গ্যাস সমীকরণ ঃ $PV = nRT$**

http://pdfcorner.com

## ১.১২.১। আদর্শ গ্যাস সমীকরণের বিভিন্ন রূপ
### Different forms of ideal gas equation

কোন গ্যাসের আণবিক ভর M হলে, W গ্রাম ভরের সেই গ্যাসের মোল সংখ্যা $n = W/M$। আবার W গ্রাম ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V হলে, তার ঘনত্ব $d = W/V$। সুতরাং $PV = nRT$ এ আদর্শ গ্যাস সমীকরণকে বিভিন্নভাবে প্রকাশ করা যায়। যেমন,

(i) $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ যে কোন পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে

(ii) $PV = nRT$, যে কোন পরিমাণ (n মোল) গ্যাসের ক্ষেত্রে

(iii) $PV_m = RT$, যখন $n = 1$ অর্থাৎ এক মোল পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে

(iv) $PV = \frac{W}{M}RT$; M আণবিক ভর বিশিষ্ট W গ্রাম পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে

(v) $M = \frac{W}{V}\cdot\frac{RT}{P} = \frac{d\times RT}{P}$; d ঘনত্ব বিশিষ্ট গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য

মনে রাখা প্রয়োজন গ্যাসের এ সকল সমীকরণে চাপ ও আয়তনের পরিমাণ বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়, কিন্তু তাপমাত্রা T-কে সর্বসময় পরম তাপমাত্রা স্কেলে প্রকাশ করতে হবে।

## ১.১২.২। আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ব্যবহার
### Uses of ideal gas equation

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ ব্যবহার করে (১) গ্যাসের আণবিক ভর ও (২) গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

**১। গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় ঃ** আদর্শ গ্যাস সমীকরণের সাহায্যে গ্যাস ও উদ্বায়ী তরলের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়। কোন গ্যাসের আণবিক ভর M হলে এর মোলার ভর হবে M গ্রাম। তখন W গ্রাম ভরের সে গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n = \frac{W}{M}$। এখন আদর্শ গ্যাস সমীকরণকে নিম্নরূপ লেখা যায়–

$$PV = nRT = \frac{WRT}{M}$$

অতএব, $M = \frac{WRT}{PV}$

এ সম্পর্ক হতে দেখা যায় যে, যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের (W) গ্যাস বা বাষ্পের আয়তন (V)-কে নির্দিষ্ট জ্ঞাত তাপমাত্রা (T) ও চাপে (P) নির্ণয় করা যায়, তবে উপরিউক্ত সমীকরণ ব্যবহার করে সে গ্যাস বা উদ্বায়ী তরলের আণবিক ভর গণনার সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। ফরাসি বিজ্ঞানী ডুমা এ মূলনীতি প্রয়োগ করে উদ্বায়ী তরলের আণবিক ভর নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন, যা ডুমার আণবিক ভর নির্ণয় প্রণালী নামে পরিচিত।

**২। গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় ঃ** আদর্শ গ্যাস সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়। কোন গ্যাসের আণবিক ভর M হলে, W গ্রাম ভরের সে গ্যাসের আয়তন V হলে, সে গ্যাসের ঘনত্ব, $d = \frac{W}{V}$ হয়। এখন আদর্শ গ্যাস সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়–

$$PV = nRT = \frac{WRT}{M} \text{ বা, } \frac{W}{V} = \frac{PM}{RT}$$

অতএব, $d = \frac{PM}{RT}$; অর্থাৎ কোন গ্যাসের আণবিক ভর (M) জানা থাকলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা (T) ও নির্দিষ্ট চাপে (P) ঐ গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

http://pdfcorner.com

## ১.১৩। মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R এর মাত্রা ও তাৎপর্য
## Dimension and Significance of Molar gas constant, R

**(ক) R এর মাত্রা নির্ণয় ঃ** আমরা জানি যে, কোন আদর্শ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য গ্যাস সমীকরণ হল,

$$PV = nRT$$

$$\therefore R = \frac{PV}{Tn} = P \times V \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{n}$$

এ সমীকরণে ডানদিকের চারটি পদের মাত্রা বিবেচনা করলে আমরা পাই,

$$P = \text{চাপ} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{\text{বল}}{(\text{দৈর্ঘ্য})^২} \quad [\because \text{ক্ষেত্রফল} = (\text{দৈর্ঘ্য}^২)]$$

$V$ = আয়তন = $(\text{দৈর্ঘ্য})^৩$

$T$ = ডিগ্রি; $n$ = মোল সংখ্যা।

$$\therefore R = \frac{\text{বল}}{(\text{দৈর্ঘ্য})^২} \times (\text{দৈর্ঘ্য})^৩ \times \frac{1}{\text{ডিগ্রি}} \times \frac{1}{\text{মোল সংখ্যা}}$$

$$= \frac{\text{বল} \times \text{দৈর্ঘ্য}}{\text{ডিগ্রি} \times \text{মোল সংখ্যা}} = \frac{\text{কাজ}}{\text{ডিগ্রি} \times \text{মোল সংখ্যা}}; \quad [\because \text{বল} \times \text{দৈর্ঘ্য} = \text{কাজ বা শক্তি}]$$

$R$ = কাজ (বা শক্তি) ডিগ্রি$^{-১}$ মোল$^{-১}$। (১)

সমীকরণ (১) থেকে বোঝা যায় যে, **R একটি সর্বজনীন ধ্রুবক হলেও শুদ্ধ সংখ্যা** (abstract number) **নয়,** এর সুনির্দিষ্ট মাত্রা আছে এবং তা হল শক্তি বা কাজ ডিগ্রি$^{-১}$ মোল$^{-১}$। যেহেতু কাজের বা শক্তির বিভিন্ন একক আছে, সেহেতু **বিভিন্ন কাজ বা শক্তির এককে R এর মানও ভিন্ন হয়।**

**(খ) R-এর তাৎপর্য ঃ** গ্যাস ধ্রুবক R এর মাত্রা নির্ণয় থেকে পাই, R = কাজ ডিগ্রি$^{-১}$ মোল$^{-১}$। এ সম্পর্ক থেকে বোঝা যায় যে, চাপ স্থির রেখে 1 মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা 1 কেলভিন (K) বাড়ালে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিজনিত যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয়, তা গ্যাস ধ্রুবক R এর সমান। **এটাই হল R এর তাৎপর্য।**

**ব্যাখ্যা ঃ** প্রতি মোল আদর্শ গ্যাসের প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বা প্রতি কেলভিন তাপমাত্রা বৃদ্ধির কারণে আয়তন সম্প্রসারণজনিত যান্ত্রিক কাজ মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর সমান; তা নিম্নরূপেও প্রতিষ্ঠিত করা যায়।

মনে করি, স্থির P চাপে n মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা $T_1$ থেকে $T_2$ তে বৃদ্ধি করা হল। ফলে গ্যাসের আয়তন $V_1$ থেকে $V_2$ তে বৃদ্ধি পেল।

$\therefore$ গ্যাসের $(T_2 - T_1)$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে n মোল গ্যাস দ্বারা আয়তন সম্প্রসারণজনিত সম্পাদিত যান্ত্রিক কাজ

$$= P \times (V_2 - V_1) = PV_2 - PV_1.$$

আবার আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মতে, $PV_1 = nRT_1$ এবং $PV_2 = nRT_2$

$\therefore$ $(T_2 - T_1)$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে n মোল গ্যাস দ্বারা সম্পাদিত যান্ত্রিক কাজ $= PV_2 - PV_1$

$$= nRT_2 - nRT_1$$

$$= nR\,(T_2 - T_1)$$

$\therefore$ প্রতি কেলভিন তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে প্রতি মোল আদর্শ গ্যাস দ্বারা আয়তন সম্প্রসারণজনিত সম্পাদিত যান্ত্রিক কাজ $= \frac{nR\,(T_2 - T_1)}{n \times (T_2 - T_1)} = R$। **এটাই গ্যাস ধ্রুবক R এর তাৎপর্য।**

http://pdfcorner.com

## ১.১৪। বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মান গণনা
## Calculation of value of molar gas constant R in different units

**(ক) লিটার–বায়ুমণ্ডল চাপ এককে 'R' ('R' in litre-atmosphere units) ঃ**

যে কোন আদর্শ গ্যাসের n mole পরিমাণ–এর ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$PV = nRT \; ; \; \therefore \; R = \frac{PV}{nT}$$

আমরা জানি, 1 mole পরিমাণ যে কোন আদর্শ গ্যাস প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.414 L আয়তন দখল করে। অর্থাৎ যখন $n = 1$ mol, $P = 1$ atm, $T = 273.15$ K, তখন $V = 22.414$ L।

$$\therefore \; R = \frac{1 \text{ atm} \times 22.414 \text{ L}}{273.15 \text{ K} \times 1 \text{ mol}} \; ;$$

$$= \frac{22.414}{273.15} \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} = 0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

**(খ) এস. আই. (SI) এককে 'R' এর মান (R in SI units) ঃ** SI এককে, গ্যাসের চাপ P-কে নিউটন প্রতি বর্গমিটারে ($Nm^{-2}$); আয়তন V-কে ঘনমিটার ($m^3$)-এ এবং তাপমাত্রা T-কে কেলভিন (K) এ প্রকাশ করতে হয়।

S.T.P. তে অর্থাৎ প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে;

গ্যাসের প্রমাণ চাপ $P = 1$ atm ধরা হয় $= 101.325$ kPa $= 101.325 \times 10^3$ Pa $= 101.325 \times 10^3$ $Nm^{-2}$

এক মোল গ্যাসের আয়তন $V = 22.414$ L $= 22.414 \times 10^{-3}$ $m^3$ ধরা হয়।

এবং গ্যাসের প্রমাণ তাপমাত্রা $T = 273.15$ K ধরা হয়।

তখন এক মোল গ্যাসের জন্য, $n = 1$ mol

$$R = \frac{PV}{T \times n} = \frac{(101.325 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}) \times (22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{273.15 \text{ K} \times 1 \text{ mol}}$$

$$= 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \quad [\because 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}]$$

**(গ) সি. জি. এস. এককে 'R' এর মান ('R' in C. G. S. unites) ঃ** সি. জি. এস. এককে গ্যাসের চাপকে ডাইন প্রতি বর্গ সেন্টিমিটার (dyne $cm^{-2}$) এবং গ্যাসের আয়তনকে ঘন সেন্টিমিটার ($cm^3$) এককে প্রকাশ করা হয়।

অতএব C.G.S. পদ্ধতিতে, এক মোল গ্যাসের বেলায়–

$P = 1$ atm $= 76$ cm (Hg) $= 76 \times 13.6 \times 981$ dyne $cm^{-2}$ $[\because P = h \times \rho \times g]$

$V = 22.414$ L $= 22.414 \times 10^3$ $cm^3$ $= 22,414$ $cm^3$ $\quad [g = 981 \text{ cms}^{-2}$

$T = 273.15$ K এবং $n = 1$ mol $\quad [1 \text{ dyne} = 1 \text{ g cms}^{-2}$

$$\therefore \; R = \frac{P \times V}{n \times T} = \frac{(76 \times 13.6 \times 981 \text{ dyne cm}^{-2}) \times 22.414 \text{ cm}^3}{1 \text{ mol} \times 273.15 \text{ K}}$$

$$= 8.320 \times 10^7 \text{ dyne cm K}^{-1}\text{mol}^{-1} = 8.32 \times 10^7 \text{ erg K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$= 8.32 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \quad [\because 1 \text{ dyne cm} = 1 \text{ erg}; \; 10^7 \text{ erg} = 1\text{J}]$$

**(ঘ) ক্যালরি এককে 'R' এর মান ('R' in calorie) ঃ** আমরা জানি, SI এককে 'R' এর মান $8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ এবং $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$

$$\therefore \; R = \frac{8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}}{4.184} = 1.987 \text{ cal K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

নিম্নে বিভিন্ন এককে 'R' এর মান দেয়া হল–

(১) লিটার বায়ুমণ্ডল চাপ এককে, $R = 0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

(২) এস. আই (S. I.) এককে, $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

(৩) সি. জি. এস. (C.G.S.) এককে, $R = 8.32 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

(৪) ক্যালরি (calorie) এককে, $R = 1.987 \text{ cal K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

http://pdfcorner.com

## ১.১৫। বোলট্‌জম্যান ধ্রুবক
### Boltzmann Constant

**অণুপ্রতি গ্যাস ধ্রুবকের মানকে বোলট্‌জম্যান ধ্রুবক বলা হয়।** একে k দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং $k = R/N_A$, যেখানে R = সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক এবং $N_A$ = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা। একে নিম্নে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা হল।

**(ক) লিটার বায়ুমণ্ডল চাপ এককে ঃ** $k = \frac{R}{N_A} = \frac{0.082 \text{ L atm } K^{-1}mol^{-1}}{6.022 \times 10^{23} \text{ molecule mol}^{-1}}$

$= 136 \times 10^{-25} \text{ L atm } K^{-1} \text{ molecule}^{-1}$

**(খ) জুল বা SI এককে ঃ** $k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{6.022 \times 10^{23} \text{ molecule mol}^{-1}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1} \text{ molecule}^{-1}$

## ১.১৬। গে-লুস্যাকের গ্যাসের চাপের সূত্র
### Gay-Lussac's Law of Pressure of Gases

১৮০২ খ্রিস্টাব্দে ফরাসি বিজ্ঞানী গে–লুস্যাক নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসকে স্থির আয়তনে রেখে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে চাপের বৃদ্ধি সম্পর্কীয় একটি সূত্র উদ্ভাবন করেন। **গে–লুস্যাকের চাপের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**"স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ ঐ গ্যাসের কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"**

সুতরাং নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়ন V, চাপ P এবং কেলভিন তাপমাত্রা T হলে চাপের সূত্র মতে,

$P \propto T$; (যখন আয়তন V স্থির)

বা, $P = K \times T$; এখানে K হল আনুপাতিক ধ্রুবক।

বা, $\frac{P}{T} = K$

আবার ঐ একই ভরের একই গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে তাপমাত্রা পরিবর্তন করে $T_1, T_2, T_3 \ldots\ldots T_n$ পর্যন্ত বাড়ালে, তখন গ্যাসটির চাপ যথাক্রমে $P_1, P_2, P_3 \ldots\ldots P_n$ এ বৃদ্ধি পায়। অনুরূপভাবে আমরা পাই ,

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \ldots\ldots = \frac{P_n}{T_n} = K$$

এটিই গে-লুস্যাকের চাপের সূত্রের সমীকরণ।

**গে-লুস্যাকের চাপের সূত্র ঃ** $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = K$ **ধ্রুবক (গ্যাসের নির্দিষ্ট ভর ও আয়তনের ক্ষেত্রে)**

## ১.১৭। আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান
### Mathematical Solution by the application of ideal gas equation

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ PV = nRT এর বিভিন্ন রূপ (অনুচ্ছেদ ১.১২.১) ব্যবহার করে সংশ্লিষ্ট সমীকরণে কোন গ্যাসের অন্যান্য পদের মান জানা থাকলে তার মোল সংখ্যা, অণুর সংখ্যা, আণবিক ভর, আয়তন, তাপমাত্রা, চাপ প্রভৃতি হিসাব করা যায়। নিম্নে এ ধরনের কিছু সমস্যার সমাধান দেওয়া হল।

**উদাহরণ ১০। 27° C তাপমাত্রায় $\frac{77}{76}$ atm চাপে 20 L আয়তনে কত মোল মিথেন বিদ্যমান?**

**সমাধান ঃ** আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মতে, (ধরে নেয়া গেল যে গ্যাসটি আদর্শ)।

$PV = nRT$ ; বা, $n = \frac{PV}{RT}$

$\therefore n = \frac{(77/76) \text{ atm} \times 20 \text{ L}}{0.082 \text{ L atm. } K^{-1}mol^{-1} \times 300 \text{ K}}$

$= \frac{77 \times 20}{76 \times 0.082 \times 300} \text{ mol}$

$= 0.8237$ mol **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে,

$P = \frac{77}{76}$ atm.

V = 20 L,

T = 27° C = (273 + 27) K = 300 K

$R = 0.082 \text{ L atm } K^{-1}mol^{-1}$

http://pdfcorner.com

[ এ ধরনের হিসাবে সব ক্ষেত্রে বিভিন্ন পদের মান পরস্পরের সাথে সংগতিপূর্ণ এককে হতে হবে। যেমন R এর মান লিটার–বায়ুমণ্ডল এককে 0.082 L atm $K^{-1}mol^{-1}$ ব্যবহার করলে আয়তনকে লিটার এবং চাপকে বায়ুমণ্ডল এককে প্রকাশ করতে হবে। **তবে গ্যাস সংক্রান্ত সমস্যা সমাধানে R এর মান L atm $K^{-1}mol^{-1}$ এককে ব্যবহার করা সুবিধাজনক। এছাড়া R এর মান SI এককে 8.314 $JK^{-1}mol^{-1}$ ব্যবহার করলে তখন আয়তনকে $m^3$ এককে এবং চাপকে $Nm^{-2}$ অথবা প্যাসকেল (Pa) এককে ব্যবহার করতে হবে।]**

**উদাহরণ ১০ (ক)। 27°C তাপমাত্রায় এবং 102 kPa চাপে 250 mL মিথেন গ্যাসের ভর নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মতে,

$PV = nRT$,

$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{102 \times 0.250}{101.325 \times 0.082 \times 300}$

$= 0.010230302$ mol.

মিথেন ($CH_4$) এর আণবিক ভর = 16

1 mol মিথেনের ভর = 16 g

প্রশ্নমতে, গ্যাসের চাপ, $P = \frac{102}{101.325}$ atm

গ্যাসের আয়তন, V = 0.250 L

মোল সংখ্যা, n = ?

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0.082 L. atm $K^{-1}mol^{-1}$

তাপমাত্রা, T = (27 + 273) = 300 K

$\therefore$ 0.010230302 mol এর ভর = $0.010230302 \times 16$ g = 0.16368432 g

**উত্তর ঃ** 0.1637 g (মিথেন) (প্রায়)।

**উদাহরণ ১১। 30° C তাপমাত্রায় 0.987 atm চাপে 1 mL গ্যাসে কয়টি অণু আছে?**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

$PV = n RT$

$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.987 \text{ atm} \times 1 \times 10^{-3} \text{ L}}{0.082 \text{ L atm } K^{-1}mol^{-1} \times 303 \text{ K}}$

$= 3.97 \times 10^{-5}$ mol.

প্রশ্নমতে, গ্যাসের চাপ, P = 0.987 atm.

গ্যাসের আয়তন, $V = 1 \text{ mL} = 1 \times 10^{-3}$ L

গ্যাসের তাপমাত্রা, T = (273 + 30) K = 303 K

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0.082 L atm $K^{-1}mol^{-1}$

সুতরাং নমুনায় $3.97 \times 10^{-5}$ mol গ্যাস আছে।

আবার 1 mol পরিমাণ যে কোন গ্যাসে $6.022 \times 10^{23}$ টি অণু থাকে।

$\therefore 3.97 \times 10^{-5}$ mol গ্যাসে অণু আছে = $6.022 \times 10^{23} \times 3.97 \times 10^{-5}$ টি।

$= 2.3907 \times 10^{19}$ টি অণু বিদ্যমান (**উত্তর**)।

[ **বি. দ্র. ঃ** এ উদাহরণে কোন নির্দিষ্ট গ্যাসের কথা বলা হয়নি, এ হিসাব সব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য]

**উদাহরণ ১২। প্রমাণ অবস্থায় একটি গ্যাসের আয়তন 1000 mL। 27°C তাপমাত্রায় এবং 74/76 atm চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হবে?**

**সমাধান ঃ**

**১ম অবস্থায়**

গ্যাসের চাপ, $P_1$ = প্রমাণ চাপ = 1 atm

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 1000 \text{ mL} = 1$ L

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1$ = প্রমাণ তাপমাত্রা = 273 K

**২য় অবস্থায়**

গ্যাসের চাপ, $P_2 = 74/76$ atm

গ্যাসের আয়তন, $V_2$ = ?

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = (273 + 27)$ K = 300 K

বয়েল ও চার্লসের সম্মিলিত সূত্র মতে,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$, $\therefore V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1} = \frac{1 \text{ atm} \times 1\text{L} \times 300 \text{ K}}{74/76 \text{ atm} \times 273 \text{ K}}$

$= 1.1286$ L (**উত্তর**)।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১৩।** 20°C তাপমাত্রায় ও 740 mm (Hg) চাপে 0.842 g একটি গ্যাস 400 mL আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর কত? [ঢা. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৬]

**সমাধান ঃ** আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ $PV = nRT$ থেকে পাই,

$PV = nRT$; বা, $PV = \frac{WRT}{M}$

বা, $M = \frac{WRT}{PV}$

বা, $M = \frac{0.842 \times 0.082 \times 293}{\frac{740}{760} \times 0.4}$

বা, $M = \frac{0.842 \times 0.082 \times 293 \times 760}{740 \times 0.4}$

$= 51.942$ (প্রায়) **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে,

গ্যাসটির ভর, $W = 0.842$ g

গ্যাস ধ্রুবক, $R = 0.082$ L.atm $K^{-1}$ $mol^{-1}$

তাপমাত্রা, $T = (20 + 273) = 293$ K

গ্যাসের চাপ, $P = \frac{740}{760}$ atm

গ্যাসটির আয়তন, $V = 400$ mL $= 0.4$ L

**উদাহরণ ১৪।** 30°C তাপমাত্রায় এবং 95 kPa চাপে 250 mL কোন গ্যাসের ভর 0.2 g হয়। ঐ গ্যাসের আণবিক ভর কত? [কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৮, ২০০৫]

**সমাধান ঃ** আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মতে,

$PV = nRT = \frac{WRT}{M}$

$\therefore M = \frac{WRT}{PV}$

$= \frac{0.2\text{ g} \times 0.082\text{ L.atm}K^{-1}mol^{-1} \times 303\text{ K}}{\frac{95\text{ atm}}{101.325} \times 0.25\text{ L}}$

$= \frac{0.2 \times 0.082 \times 303 \times 101.325}{95 \times 0.25} = 21.2$

গ্যাসটির আণবিক ভর = 21.2 **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে,

গ্যাসের ভর, $W = 0.2$ g

গ্যাসের আণবিক ভর, $M = ?$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T = (30 + 273)$ K $= 303$ K

গ্যাসের চাপ, $P = 95$ kPa $= \frac{95}{101.325}$ atm

আয়তন, $V = 250$ mL $= 0.25$ L

গ্যাস ধ্রুবক, $R = 0.082$ L.atm, $K^{-1}mol^{-1}$

**উদাহরণ ১৫।** 20°C তাপমাত্রায় একটি কঠিন বস্তুসহ নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 0.12 $dm^3$ (বা L) হয়। ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা 47°C–এ উন্নীত করলে চাপ দ্বিগুণ এবং কঠিন বস্তুসহ গ্যাসের আয়তন 71.5 $cm^3$ (বা mL) হয়। কঠিন বস্তুটির আয়তন কত $cm^3$ হবে? [ঢা. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** মনে করি, কঠিন বস্তুটির আয়তন x $cm^3$।

**প্রথম অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের চাপ, $P_1 = P$ atm (মনে করি),

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = (120 - x)$ $cm^3$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = (20 + 273)$ K $= 293$ K

বয়েলের ও চার্লসের সূত্র মতে, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

**দ্বিতীয় অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের চাপ, $P_2 = 2P$ atm (প্রশ্নমতে)

গ্যাসের আয়তন, $V_2 = (71.5 - x)$ $cm^3$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = (47 + 273)$ K

$= 320$ K

$\therefore \frac{P\text{ atm} \times (120 - x)\text{ cm}^3}{293\text{ K}} = \frac{2P\text{ atm} \times (71.5 - x)\text{ cm}^3}{320\text{ K}}$

বা, $(120 - x) \times 320 = 2 \times (71.5 - x) \times 293$

বা, $38400 - 320x = 41899 - 586x$ বা, $586x - 320x = 41899 - 38400$

বা, $266x = 3499$; বা, $x = 13.154$ $cm^3$ (প্রায়) **(উত্তর)**।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১৬। চাপ অপরিবর্তিত রেখে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের তাপমাত্রা কত বাড়ালে তার আয়তন দ্বিগুণ হবে?**

**সমাধান ঃ** মনে করি, প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন $V_1 = x$ mL এবং তাপমাত্রা = $T_1$ K

$\therefore$ দ্বিতীয় অবস্থায় এর আয়তন $V_2 = 2x$ mL এবং তাপমাত্রা = $T_2$ K

গ্যাসের চাপ অপরিবর্তিত থাকায় চার্লসের সূত্র হতে পাই,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \therefore T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{2x}{x} \cdot T_1 = 2T_1$$

সুতরাং প্রাথমিক তাপমাত্রা $T_1$ K হলে শেষের তাপমাত্রা $2T_1$ K হবে। **(উত্তর)**।

[ উদাহরণস্বরূপ গ্যাসের প্রাথমিক তাপমাত্রা 27° C বা, (273 + 27) = 300 K হলে শেষের তাপমাত্রা $2 \times 300 \doteq 600$ K বা, (600 – 273)° C = 327° C হবে ]

**উদাহরণ ১৭। নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের তাপমাত্রা 27° C হতে কত বাড়ালে আয়তন দ্বিগুণ হবে, যদি একই সাথে তার উপর চাপ 0.8 atm হতে 1.18 atm-এ বৃদ্ধি করা হয়?**

**সমাধান ঃ** মনে করি, প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের আয়তন = x L

$\therefore$ দ্বিতীয় অবস্থায় গ্যাসের আয়তন = 2x L

তাহলে, প্রশ্নমতে আমরা পাই,

| **প্রথম অবস্থায় ঃ** | **দ্বিতীয় অবস্থায় ঃ** |
|---|---|
| গ্যাসের চাপ, $P_1 = 0.8$ atm | গ্যাসের চাপ, $P_2 = 1.18$ atm |
| গ্যাসের আয়তন, $V_1 = x$ L | গ্যাসের আয়তন, $V_2 = 2x$ L |
| গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = (273 + 27) = 300$ K | গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$ |

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণ মতে পাই,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}; \quad \therefore T_2 = \frac{P_2V_2 \cdot T_1}{P_1V_1} = \frac{1.18 \text{ atm} \times 2x \text{ L} \times 300 \text{ K}}{0.8 \text{ atm} \times x \text{ L}} = 885 \text{ K}$$

$\therefore$ দ্বিতীয় তাপমাত্রা = 885 K বা, (885 – 273)° C = 612° C

$\therefore$ তাপমাত্রার বৃদ্ধি = (612 – 27)° C = 585° C **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১৮। একটি অক্সিজেন সিলিন্ডার 250 atm চাপ সহ্য করতে পারে। সিলিন্ডারটিকে 125 atm চাপ এবং 27° C তাপমাত্রায় অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হল। কত তাপমাত্রায় সিলিন্ডারটি বিস্ফোরিত হবে?**

**সমাধান ঃ** তাপমা বাড়ার সাথে সাথে অক্সিজেন গ্যাসের চাপ বাড়বে। এ চাপ 250 atm চাপ অতিক্রম করলেই সিলিন্ডারটি বিস্ফোরিত হবে।

যেহেতু গ্যাসটি সিলিন্ডারে আবদ্ধ, এর আয়তন স্থির থাকবে। সুতরাং গে-লুস্যাকের চাপের সূত্র মতে পাই,

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2};$$

$$\therefore T_2 = \frac{P_2T_1}{P_1} = \frac{250 \text{ atm} \times 300 \text{ K}}{125 \text{ atm}}$$

$$= 600 \text{ K}$$

আবার প্রথম চাপ, $P_1 = 125$ atm

প্রথম তাপমাত্রা, $T_1 = (273 + 27) = 300$ K

দ্বিতীয় চাপ, $P_2 = 250$ atm.

দ্বিতীয় তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

$\therefore$ তাপমাত্রা বেড়ে 600 K বা, (600 – 273)° C = 327° C অতিক্রম করলেই সিলিন্ডারটি বিস্ফোরিত হবে। **(উত্তর)**।



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১৯। প্রমাণ অবস্থায় কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব 22। চাপের কোন পরিবর্তন না ঘটিয়ে 11° C তাপমাত্রায় এর ঘনত্ব কত হবে?**

**সমাধান ঃ**

**প্রথম অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের ঘনত্ব, $d_1 = 22$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = 273$ K (প্রমাণ অবস্থায়)

গ্যাসের চাপমাত্রা, $P_1 = 1$ atm (প্রমাণ চাপ)

**দ্বিতীয় অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের ঘনত্ব, $d_2 = ?$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = (273 + 11) = 284$ K

গ্যাসের চাপমাত্রা, $P_2 = 1$ atm (প্রশ্ন মতে একই)

গ্যাসের ঘনত্ব, তাপমাত্রা ও চাপের সম্পর্ক হতে আমরা পাই,

$$\frac{d_1T_1}{P_1} = \frac{d_2T_2}{P_2}; \quad \therefore d_2 = \frac{d_1T_1}{P_1} \times \frac{P_2}{T_2} = \frac{22 \times 273\ K \times 1\ atm}{1\ atm \times 284\ K} = 21.15$$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ১৯.১। 100° C তাপমাত্রায় এবং 1.0526 atm চাপে $CO_2$ গ্যাসের ঘনত্ব কত হবে?** [রা. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০০৭]

**সমাধান ঃ** আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ থেকে আমরা পাই,

$$PV = nRT = \frac{WRT}{M}$$

বা, $\frac{W}{V} = \frac{PM}{RT}$; বা, $d = \frac{PM}{RT}$; [d হল একক আয়তনে বস্তুর পরিমাণ]

প্রশ্নমতে, $P = 1.0526$ atm, $M = 44$ g $mol^{-1}$, $R = 0.082$ L atm $mol^{-1}K^{-1}$, $T = (273 + 100)$ K $= 373$ K.

$$\therefore d = \frac{PM}{RT} = \frac{1.0526\ atm \times 44g\ mol^{-1}}{0.082\ L\ atm\ mol^{-1}K^{-1} \times 373\ K} = 1.514\ gL^{-1}$$ (প্রায়) **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ২০। 0.901 গ্রাম তরল পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করায় তা 120° C তাপমাত্রায় 0.98 atm চাপে 325 mL স্থান দখল করে। তরল পদার্থটির আণবিক ভর কত?**

**সমাধান ঃ** গ্যাসের (বা বাষ্পের) জন্য গ্যাস সমীকরণ থেকে পাই,

$$PV = \frac{W}{M}RT$$

বা, $M = \frac{W}{PV}RT$; এখানে $M$ = আণবিক ভর

$$\therefore M = \frac{W}{PV}RT = \frac{0.901 \times 0.082 \times 393}{0.98 \times 0.325} = 91.164$$ **(উত্তর)।**

প্রশ্নমতে, তরল নমুনার ভর, $W = 0.901$ g

বাষ্পের চাপ, $P = 0.98$ atm

বাষ্পের আয়তন, $V = 325$ mL $= 0.325$ L

বাষ্পের তাপমাত্রা, $T = (273 + 120)$ K $= 393$ K

গ্যাস ধ্রুবক, $R = 0.082$ L atm $K^{-1}mol^{-1}$

**উদাহরণ ২০.১। আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে $3 \times 10^{-3}$ $m^3$ গ্যাসের ভর $4.5 \times 10^{-3}$ kg. 27° C উষ্ণতা ও 101.99 kPa চাপে $4.0 \times 10^{-4}$ $m^3$ গ্যাসের ভর নির্ণয় কর।** [য. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ**

**প্রদত্ত অবস্থায়**

গ্যাসের চাপ, $P = 101.99$ kPa

গ্যাসের আয়তন, $V = 4.0 \times 10^{-4}$ $m^3$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T = (27 + 273) = 300$ K

**প্রমাণ অবস্থায়**

গ্যাসের চাপ, $P_o = 101.325$ kPa

গ্যাসের আয়তন, $V_o = ?$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_o = 273$ K

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণ মতে,

$$\frac{P_oV_o}{T_o} = \frac{PV}{T}, \quad \therefore V_o = \frac{PV \times T_o}{T \times P_o} = \frac{101.99\ kPa \times 4.0 \times 10^{-4}\ m^3 \times 273\ K}{300\ K \times 101.325\ kPa} = 3.664 \times 10^{-4}\ m^3$$

http://pdfcorner.com

প্রশ্নমতে, প্রমাণ অবস্থায়, $3 \times 10^{-3}$ m$^3$ আয়তনের গ্যাসের ভর $4.5 \times 10^{-3}$ kg.

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায়, $3.664 \times 10^{-4}$ m$^3$ আয়তনের গ্যাসের ভর $= \frac{4.5 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 3.664 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{3 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$

$= 5.496 \times 10^{-4}$ kg **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২১। 27°C তাপমাত্রায় 0.526 atm চাপে 15 g নাইট্রোজেনের আয়তন কত?**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

$PV = \frac{W}{M} RT, \quad \therefore V = \frac{W\,RT}{M.P}$

$\therefore$ এ সকল মান সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$V = \frac{15 \times 0.082 \times 300}{28 \times 0.526} = 25.05$ L **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে, নমুনা গ্যাসের ভর, W = 15 g

নাইট্রোজেনের আণবিক ভর, M = (2 × 14) = 28

গ্যাসের চাপ, P = 0.526 atm.

গ্যাসের তাপমাত্রা, T = (273 + 27) K = 300 K

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0.082 L atm K$^{-1}$mol$^{-1}$

**উদাহরণ ২২। 30° C তাপমাত্রায় 12 g কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস 5 L স্থান দখল করলে ঐ গ্যাসের চাপ কত হবে?**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

$PV = \frac{W}{M} RT$

$\therefore P = \frac{W}{MV} RT$

এ সকল মান উপরিউক্ত সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

$P = \frac{12 \text{ g} \times 0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 303 \text{ K}}{44 \text{ gmol}^{-1} \times 5 \text{ L}}$

$= 1.35524$ atm **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে, নমুনা গ্যাসের ভর, W = 12 g

$CO_2$ এর গ্রাম আণবিক ভর, M = 44 gmol$^{-1}$

গ্যাসের আয়তন, V = 5 L

গ্যাসের তাপমাত্রা, T = (273 + 30) K = 303 K

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0.082 L atm K$^{-1}$mol$^{-1}$

গ্যাসের চাপ, P = ?

## ১.১৮। ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র
## Dalton's Law of Partial Pressure

যে সব গ্যাস পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে না, তারা পরস্পরের সাথে যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত হয়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে। পরীক্ষা-নিরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত উপাত্তের ভিত্তিতে ১৮০২ খ্রিস্টাব্দে জন ডালটন স্থির তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণের উপাদানসমূহের নিজস্ব চাপের সাথে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপের একটি সম্পর্ক স্থাপন করেন, তা **ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র** নামে পরিচিত। **ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিক্রিয়াবিহীন কোন গ্যাস মিশ্রণের কোন একটি উপাদান গ্যাস ঐ তাপমাত্রায় মিশ্রণের সমস্ত আয়তন একাকী দখল করলে যে চাপ প্রয়োগ করত, তাকে ঐ উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলা হয়। ঐ গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ তাপমাত্রায় তার উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপসমূহের যোগফলের সমান।**

মনে করি, একটি গ্যাস পাত্রের আয়তন V। এতে স্থির তাপমাত্রায় বিক্রিয়াবিহীন তিনটি গ্যাসের নমুনা পৃথকভাবে রাখা হলে তাদের চাপ হয় যথাক্রমে $P_1$, $P_2$, $P_3$ প্রভৃতি। একই তাপমাত্রায় ঐ গ্যাস পাত্রে এসব গ্যাস একত্রে প্রবেশ করালে যে গ্যাস মিশ্রণ পাওয়া যায়, তার চাপ হচ্ছে $P_m$। তা হলে ডালটনের সূত্র মতে,

$$P_m = P_1 + P_2 + P_3$$

http://pdfcorner.com

## ১.১৯। ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ
## Mathematical Expression of Dalton's Law of Partial Pressure

মনে করি, V আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে পরস্পর বিক্রিয়াবিহীন বিভিন্ন গ্যাসের যথাক্রমে $n_1, n_2, n_3$ ... মোল আছে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রা T তে ঐ সব গ্যাস একাকীভাবে প্রত্যেকে একই আয়তন দখল করলে তাদের চাপ যথাক্রমে $P_1, P_2, P_3$ প্রভৃতি হয়। অর্থাৎ $P_1, P_2, P_3$ ... হচ্ছে ঐ সব গ্যাসের আংশিক চাপ। অপরদিকে এ সব বিক্রিয়াবিহীন গ্যাস একত্রে একই পাত্রে থাকা অবস্থায় প্রদত্ত চাপ হচ্ছে $P_m$।

যেহেতু প্রথম গ্যাসের $n_1$ মোল স্থির তাপমাত্রা T তে পৃথকভাবে V আয়তন দখল করে $P_1$ চাপ প্রয়োগ করে, সেহেতু আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মতে আমরা পাই,

$$P_1V = n_1 RT; \qquad \therefore P_1 = n_1\frac{RT}{V} \qquad (১)$$

একইভাবে দ্বিতীয়, তৃতীয় প্রভৃতি গ্যাসের জন্য পাওয়া যায়,

$$P_2V = n_2 RT; \qquad \therefore P_2 = n_2\frac{RT}{V} \qquad (২)$$

$$P_3V = n_3 RT; \qquad \therefore P_3 = n_3\frac{RT}{V} \qquad (৩)$$

এ সব সমীকরণের ডান পক্ষ ও বাম পক্ষ পৃথকভাবে যোগ করে পাওয়া যায়,

$$P_1 + P_2 + P_3 + \quad \ldots = \frac{RT}{V}(n_1 + n_2 + n_3 + \ldots)$$

আবার $n_1 + n_2 + n_3 + \ldots = n$ ঐ পাত্রে গ্যাসসমূহের মোট মোল সংখ্যা।

$$\therefore P_1 + P_2 + P_3 + \ldots \quad \ldots = \frac{nRT}{V} \qquad (৪)$$

সুতরাং ঐ গ্যাস মিশ্রণের চাপ $P_m$ হলে, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মতে পাওয়া যায়,

$$P_mV = n\,RT \qquad \therefore P_m = \frac{nRT}{V} \qquad (৫)$$

সমীকরণ (৪) ও (৫) হতে পাওয়া যায়,

$$P_1 + P_2 + P_3 + \ldots = P_m \qquad \ldots \qquad (৬)$$

**এটিই হচ্ছে ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ।**

### ১.১৯.১। গ্যাসের আংশিক চাপ ও মোল ভগ্নাংশের সম্পর্ক
### Relation between partial pressure and mole fraction of a gas

মনে করি, V আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে পরস্পর বিক্রিয়াবিহীন তিনটি গ্যাসের যথাক্রমে $n_1, n_2, n_3$ মোল আছে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রা T তে ঐ সব গ্যাসের আংশিক চাপ যথাক্রমে $P_1, P_2, P_3$ হয়। আবার গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ $P_m$ এবং মিশ্রণে গ্যাসসমূহের মোট মোল সংখ্যা, $(n_1 + n_2 + n_3) = n$ হলে, তখন আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মতে পাই–

১ম গ্যাসের জন্য ঃ $P_1V = n_1RT \quad \therefore P_1 = n_1 \times \frac{RT}{V}$ (১)

২য় গ্যাসের জন্য ঃ $P_2V = n_2RT \quad \therefore P_2 = n_2 \times \frac{RT}{V}$ (২)

৩য় গ্যাসের জন্য ঃ $P_3V = n_3RT \quad \therefore P_3 = n_3 \times \frac{RT}{V}$ (৩)

গ্যাস মিশ্রণের জন্য ঃ $P_mV = nRT \quad \therefore P_m = n \times \frac{RT}{V}$ (৪)

http://pdfcorner.com

সমীকরণ (১) কে সমীকরণ (৪) দ্বারা ভাগ করলে পাওয়া যায়,

$$\frac{P_1}{P_m} = \frac{n_1}{n}; \qquad \text{বা, } P_1 = \left(\frac{n_1}{n}\right) \times P_m; \quad \text{[বজ্রগুণন করে]} \qquad (৫)$$

অনুরূপভাবে, $P_2 = \left(\frac{n_2}{n}\right) \times P_m$; $P_3 = \left(\frac{n_3}{n}\right) \times P_m$ [বজ্রগুণন করে] (৬)

**আবার কোন মিশ্রণে একটি উপাদানের মোল সংখ্যাকে উক্ত মিশ্রণের সব উপাদানের মোল সংখ্যার যোগফল দ্বারা ভাগ করলে যে ভাগফল পাওয়া যায়, তাকে সে উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বলা হয়।**

সুতরাং প্রথম গ্যাস উপাদানের মোল ভগ্নাংশ $= \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots} = \frac{n_1}{n}$

অনুরূপভাবে দ্বিতীয় গ্যাস উপাদানের মোল ভগ্নাংশ $= \frac{n_2}{n}$

∴ সমীকরণ (৫) হতে পাওয়া যাচ্ছে, $P_1$ = মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ ($P_m$)

**গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদানের আংশিক চাপ = সে উপাদানের মোল ভগ্নাংশ × মিশ্রণের মোট চাপ।**

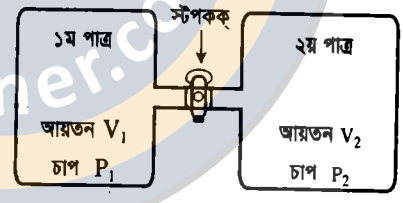
## ১·২০। ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের প্রয়োগ

### Application of Dalton's Law of Partial Pressure

**(ক) মিশ্রিত গ্যাসের চাপ নির্ণয় ঃ** পরস্পরের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না এ ধরনের বিভিন্ন গ্যাসকে একই তাপমাত্রায় কিন্তু বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন পাত্রে রাখা হলে এবং এরপর এ পাত্রসমূহকে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করে ঐ সব গ্যাসকে পরস্পরের সাথে মিশ্রিত করলে অথবা অন্য কোন পাত্রে মিশ্রিত করলে, তখন মিশ্রিত গ্যাসের চাপ বয়েলের সূত্র এবং ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

**গাণিতিক প্রতিপাদন ঃ** মনে করি, একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি পাত্রে একটি গ্যাস আছে। পাত্রের আয়তন $V_1$, সুতরাং গ্যাসের আয়তনও $V_1$। ধরি ঐ গ্যাসের চাপ $P_1$। অপর একটি পাত্রের আয়তন $V_2$। এতে অন্য একটি গ্যাস আছে, যার চাপ $P_2$।

এখন এ দুটি পাত্রকে একটি সরু নল দ্বারা সংযুক্ত করে গ্যাস দুটিকে মিশ্রিত হতে দেয়া হল। সুতরাং গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন দাঁড়ায় $(V_1 + V_2)$।




চিত্র ১.৭ ঃ গ্যাসের আংশিক চাপ সূত্রের প্রয়োগ।

[ অথবা এ দুটি পাত্র থেকে গ্যাস দুটিকে আরেকটি পাত্রে স্থানান্তর করে মিশ্রিত করা হল এবং ঐ পাত্রটির আয়তন হচ্ছে $(V_1 + V_2)$।]

মনে করি, মিশ্রিত অবস্থায় প্রথম গ্যাসের আংশিক চাপ $P_3$ এবং দ্বিতীয় গ্যাসের আংশিক চাপ $P_4$ এবং গ্যাস মিশ্রণের চাপ P। সুতরাং মিশ্রিত অবস্থায়,

১ম গ্যাসের আয়তন $(V_1 + V_2)$ এবং আংশিক চাপ $P_3$

২য় গ্যাসের আয়তন $(V_1 + V_2)$ এবং আংশিক চাপ $P_4$

যেহেতু তাপমাত্রা স্থির আছে, সেহেতু বয়েলের সূত্র অনুযায়ী,

**প্রথম গ্যাসের ক্ষেত্রে ঃ**

$P_3 \times (V_1 + V_2) = P_1 \times V_1$

$\therefore P_3 = \frac{P_1 \times V_1}{(V_1 + V_2)}$

**দ্বিতীয় গ্যাসের ক্ষেত্রে ঃ**

$P_4 \times (V_1 + V_2) = P_2 \times V_2$

$\therefore P_4 = \frac{P_2 \times V_2}{(V_1 + V_2)}$

http://pdfcorner.com

আবার ডালটনের আংশিক চাপের সূত্র অনুসারে,

$$P = P_3 + P_4$$

$$\therefore P = \frac{P_1V_1}{(V_1 + V_2)} + \frac{P_2V_2}{(V_1 + V_2)}; \quad [P_3 \text{ ও } P_4 \text{ এর মান বসিয়ে}]$$

$$\text{বা, } P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{(V_1+V_2)}; \quad \ldots \quad (১)$$

$$\boxed{\text{বা, } P \times (V_1 + V_2) = P_1 \times V_1 + P_2 \times V_2} \quad [\text{বজ্রগুণন করে}] \quad (২)$$

কয়েকটি গ্যাসের মিশ্রণের ক্ষেত্রে সমীকরণ (১) ও (২) নিম্নরূপ পরিবর্তিত হয়।

$$P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \ldots}{(V_1 + V_2 + V_3 + \ldots)} \quad (৩)$$

$$P\,(V_1 + V_2 + V_3 + \ldots) = (P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \ldots) \quad \ldots \quad \ldots \quad (৪)$$

যদি গ্যাস মিশ্রণকে এমন একটি পাত্রে স্থানান্তরিত করা হয়, যার আয়তন V, সেক্ষেত্রে ইতোপূর্বের হিসাবে $(V_1 + V_2 + \ldots)$ প্রভৃতির স্থলে V বসবে।

সুতরাং সেক্ষেত্রে, আমরা পাই,

$$P = \frac{(P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \ldots)}{V} \quad (৫)$$

$$\text{বা, } PV = (P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \ldots) \quad (৬)$$

**(খ) আর্দ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় (Determination of Pressure of a moist gas) ঃ** যে কোন তাপমাত্রায় পানির বাষ্পচাপ আছে; যা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। কিন্তু যে কোন স্থির তাপমাত্রায় বাষ্পচাপ নির্দিষ্ট। যে কোন তাপমাত্রায় পানির বাষ্পচাপের মান পানির বাষ্পচাপ তালিকা থেকে পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে যখন কোন অদ্রবণীয় গ্যাসকে পানির নিম্নমুখী অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয় তখন সংগৃহীত গ্যাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে। যদি গ্যাস–পাত্রের ভেতরে ও বাইরে পানির পৃষ্ঠতল সমান করে সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন মাপা হয়, তাহলে সংগৃহীত আর্দ্র গ্যাসের চাপ সে সময়কার বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। কিন্তু এ চাপ সংগৃহীত মূল গ্যাসের সত্যিকার চাপ নয়। মূল গ্যাস শুষ্ক অবস্থায় এ আয়তনে যে চাপ দিত অর্থাৎ তার আংশিক চাপ এবং জলীয় বাষ্পের চাপ এ দুটি মিলে বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়েছে। মনে করি, পরীক্ষার সময় কক্ষতাপমাত্রা হল t° C। অর্থাৎ (t° C তাপমাত্রায় শুষ্ক গ্যাসের চাপ + t° C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ) = সে সময়কার বায়ুমণ্ডলের চাপ। বায়ুমণ্ডলের চাপ ব্যারোমিটার হতে জানা যায়। মনে করি, t° C তাপমাত্রায় এর মান P এবং পানির বাষ্পচাপ = f (মনে করি)। শুষ্ক গ্যাসের চাপকে $P_{dry}$ দ্বারা চিহ্নিত করলে,

$$P_{dry} + f = P$$

$$\text{বা, } P_{dry} = P - f \quad (৭)$$

## ১.২১। ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান

**Mathematical solution by the application of Dalton's Law of Partial Pressure**

**উদাহরণ ২৩। 450 mL আয়তনবিশিষ্ট একটি পাত্র 1.05 atm চাপে নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ আছে। আরেকটি পাত্রের আয়তন 300 mL; এটি 0.79 atm চাপে অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ আছে। তাপমাত্রা স্থির রেখে দুটি পাত্রকে স্টপকক দ্বারা সংযোগ করে গ্যাস দুটিকে মিশ্রিত হতে দিলে মিশ্রিত গ্যাসের চাপ কত হবে?**

**সমাধান ঃ আংশিক চাপের সংজ্ঞা ও বয়েলের সূত্রমতে,**

মিশ্রণের পর গ্যাস মিশ্রণের আয়তন, $V = (0.450 + 0.300)\ L = 0.750\ L$

মিশ্রণের পর গ্যাস মিশ্রণের চাপ, $P = ?$

http://pdfcorner.com

মনে করি, মিশ্রণের পরে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আংশিক চাপ যথাক্রমে $P_3$ ও $P_4$।

**বয়েলের সূত্র মতে, নাইট্রোজেনের জন্য ঃ**

আংশিক চাপের সংজ্ঞা মতে; $P_3 \times V = P_1 \times V_1$

$P_3 \times 0.750\ L = 1.05\ atm \times 0.450\ L$

$\therefore P_3 = \frac{1.05\ atm \times 0.450\ L}{0.750\ L} = 0.631\ atm$

**বয়েলের সূত্র মতে, অক্সিজেনের জন্য ঃ**

আংশিক চাপের সংজ্ঞা মতে; $P_4 \times V = P_2 \times V_2$

$P_4 \times 0.750\ L = 0.79\ atm \times 0.300\ L$

$\therefore P_4 = \frac{0.79\ atm \times 0.300\ L}{0.750\ L} = 0.316\ atm$

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র অনুযায়ী,

গ্যাস মিশ্রণের চাপ, $P$ = নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ $(P_3)$ + অক্সিজেনের আংশিক চাপ $(P_4)$

$= (0.631 + 0.316)\ atm = 0.947\ atm.$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ২৪। 17°C তাপমাত্রায় ও 770 mm (Hg) চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির ওপর সংগ্রহ করা হয়। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন ও ভর বের কর। 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ, 14.5 mm (Hg)।** [কু. বো. ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০০৭, ২০১০; য. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৮]

**সমাধান ঃ** গ্যাসটি পানির ওপর সংগ্রহ করায় তা জলীয় বাষ্প মিশ্রিত হয়েছে। তাই মোট চাপ থেকে জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে শুষ্ক গ্যাসের আংশিক চাপ হবে = (770 – 14.5) = 755.5 mm (Hg)।

**প্রদত্ত অবস্থায় ঃ**

অক্সিজেনের চাপ, $P_1 = 755.5$ mm (Hg)

অক্সিজেনের আয়তন, $V_1 = 600$ mL

অক্সিজেনের তাপমাত্রা, $T_1 = (17 + 273) = 290$ K

**প্রমাণ অবস্থায় ঃ**

অক্সিজেনের চাপ, $P_0 = 760$ mm (Hg)

অক্সিজেনের আয়তন, $V_1 = ?$

অক্সিজেনের তাপমাত্রা, $T_0 = 273$ K

বয়েলের ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণ মতে,

$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T_1}$, $V_0 = \frac{P_1V_1 \times T_0}{T_1 \times P_0} = \frac{755.5 \times 600 \times 273}{290 \times 760}$

$= 561.48$ mL. (প্রমাণ অবস্থায় $O_2$ এর আয়তন)

প্রমাণ অবস্থায়, 22,400 mL অক্সিজেন গ্যাসের ভর 1 mole = 32 g অক্সিজেন

প্রমাণ অবস্থায়, 561.48 mL অক্সিজেন গ্যাসের ভর $= \frac{32 \times 561.48\ g}{22,400} = 0.802$ g (প্রায়)

STP তে গ্যাসের আয়তন = 561.48 mL এবং গ্যাসের ভর = 0.802 g **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২৫। 17°C তাপমাত্রায় ও 0.95 atm চাপে 580 mL হাইড্রোজেন গ্যাস পানির ওপর সংগৃহীত হল। STP তে শুষ্ক $H_2$ এর আয়তন নির্ণয় কর। 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.26 kPa।** [ঢা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯, ২০০২; ব. বো. ২০০৯]

**সমাধান ঃ** গ্যাসটি পানির ওপর সংগ্রহ করায় তা জলীয় বাষ্প মিশ্রিত হয়েছে। তাই মোট চাপ থেকে জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে শুষ্ক গ্যাসের আংশিক চাপ পাওয়া যাবে।

প্রশ্নমতে, মোট চাপ = 0.95 atm = $101.325 \times 0.95$ kPa = 96.26 kPa।

**প্রদত্ত অবস্থায় ঃ**

শুষ্ক গ্যাসের চাপ, $P_1 = (96.26 - 3.26)$ kPa

$= 92.96$ kPa

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 580$ mL

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = (17 + 273) = 290$ K

STP তে গ্যাসের চাপ, $P_0 = 101.325$ kPa

STP তে গ্যাসের আয়তন, $V_0 = ?$

STP তে গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_0 = 273$ K

http://pdfcorner.com

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণ মতে,

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T_1}; \text{ বা, } V_0 = \frac{P_1V_1 \times T_0}{T_1 \times P_0}$$

$$= \frac{92.96 \times 580 \times 273}{290 \times 101.325} = 500.924 \text{ mL}$$

STP তে শুষ্ক $H_2$ গ্যাসের আয়তন = 500.924 mL (প্রায়) **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২৬। 17° C তাপমাত্রায় ও 0.99 atm চাপে 0.58 L হাইড্রোজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এর আয়তন ও ভর কত হবে? (17° C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 0.019 atm)।**

**সমাধান ঃ** হাইড্রোজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করায় তা জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত।

যেহেতু 17° C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 0.019 atm.,

সেহেতু হাইড্রোজেন গ্যাসের আংশিক চাপ = (0.99 – 0.019) atm = 0.971 atm.

**আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মতে পাই,**

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{P_1V_1}{T_1} \times \frac{T_2}{P_2}$$

$$= \frac{0.971 \text{ atm} \times 0.58 \text{ L} \times 273 \text{ K}}{290 \text{ K} \times 1 \text{ atm}}$$

$$= 0.53 \text{ L}$$ **(উত্তর)**।

**এখানে প্রথম অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের চাপ, $P_1 = 0.971$ atm.

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 0.58$ L

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = (273 + 17) = 290$ K

**দ্বিতীয় অবস্থায় ঃ**

গ্যাসের চাপ, $P_2$ = প্রমাণ চাপ = 1 atm.

গ্যাসের আয়তন, $V_2 = ?$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K

আবার হাইড্রোজেনের আণবিক ভর = 2.016

সুতরাং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 L হাইড্রোজেনের ভর = 2.016 g

$$\therefore \text{ প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 0.53 L হাইড্রোজেনের ভর} = \frac{2.016 \times 0.53}{22.4} \text{ g}$$

$$= 0.0477 \text{ g}$$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২৭। 0.8 atm চাপে 0.2 L অক্সিজেন এবং 0.98 atm চাপে 0.5 L নাইট্রোজেন 1.5 L আয়তনের একটি পাত্রে মিশ্রিত করা হল। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** মিশ্রণের পরে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন, V = 1.5 L; গ্যাস মিশ্রণের চাপ, P = ?

**অক্সিজেনের আয়তন,** $V_1 = 0.2$ L

**অক্সিজেনের চাপ,** $P_1 = 0.8$ atm

**নাইট্রোজেনের আয়তন,** $V_2 = 0.5$ L

**নাইট্রোজেনের চাপ,** $P_2 = 0.98$ atm

মনে করি, মিশ্রণের পরে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ যথাক্রমে $P_3$ ও $P_4$ ।

**সুতরাং বয়েলের সূত্র মতে,**

**অক্সিজেনের জন্য ঃ**

$$P_3V = P_1V_1$$

$$P_3 \times 1.5 \text{ L} = 0.8 \text{ atm} \times 0.2 \text{ L}$$

$$\therefore P_3 = \frac{0.8 \text{ atm} \times 0.2 \text{ L}}{1.5 \text{ L}} = 0.107 \text{ atm}$$

**নাইট্রোজেনের জন্য ঃ**

$$P_4V = P_2V_2$$

$$P_4 \times 1.5 \text{ L} = 0.98 \text{ atm} \times 0.5 \text{ L}$$

$$\therefore P_4 = \frac{0.98 \text{ atm} \times 0.5 \text{ L}}{1.5 \text{ L}} = 0.327 \text{ atm}$$

**আবার ডালটনের আংশিক চাপের সূত্র অনুযায়ী,**

গ্যাস মিশ্রণের চাপ, P = (অক্সিজেনের আংশিক চাপ + নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ)

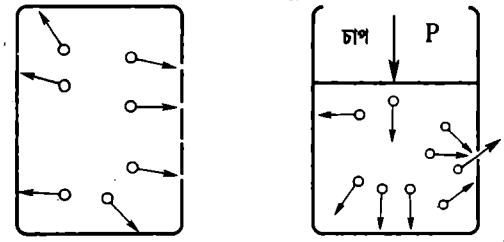
$$= (P_3 + P_4) = (0.107 + 0.327) \text{ atm} = 0.434 \text{ atm}$$ **(উত্তর)**।

http://pdfcorner.com

## ১.২২। গ্যাস ব্যাপন
## Gas Diffusion

**ব্যাপনের সংজ্ঞা ঃ উচ্চ ঘনত্বের স্থান থেকে নিম্ন ঘনত্বের স্থানে কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর অণুসমূহ বা কণাসমূহের স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে স্থানান্তর বা পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলা হয়।**

**উদাহরণ ১।** বন্ধ ঘরের কোন স্থানে সুগন্ধিযুক্ত বস্তু রাখলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় যে ঘরের সর্বত্র সুগন্ধি পাওয়া যাচ্ছে, অবশ্য লঘু হয়ে যাওয়ার কারণে তার তীব্রতা অনেক কমে যায়। এ সুগন্ধি কীভাবে এক স্থান হতে অন্যস্থানে চলে আসে? প্রকৃতপক্ষে সুগন্ধিযুক্ত বস্তুর অণুসমূহ গ্যাসীয় অবস্থায় চারদিকে ক্রমশ ছড়িয়ে পড়ে অর্থাৎ গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে ব্যাপন ঘটে এবং কিছু অণু নাকে প্রবেশ করলে যে কোন কেউ সে সুগন্ধ পায়।




(ক) ব্যাপন

পাত্রের ভেতরে ও বাইরে চাপ সমান এবং অণুসমূহের মধ্যবর্তী দূরত্ব প্রায় 100 nm এর চেয়ে পাত্রের ছিদ্র ছোট; তাই পাত্রের ভেতরে গ্যাসের ব্যাপন ঘটে, নিঃসরণ সম্ভব নয়।

(খ) নিঃসরণ

গ্যাস পাত্রের ছিদ্র 100 nm এর চেয়ে বড় হওয়ায় এবং অধিক বাহ্যিক চাপে অণুসমূহের নিঃসরণ ঘটে।

চিত্র ১.৮ ঃ গ্যাসের ব্যাপন ও নিঃসরণ।

**উদাহরণ ২।** একটি পাত্রে কিছু পানি নিয়ে তাতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$)-এর কয়েকটি দানা ছেড়ে দিলে দেখা যায় ধীরে ধীরে দানাসমূহের নিকট পানির রং বেগুনি হচ্ছে। ক্রমশ সে রং সম্পূর্ণ পানিতে ছড়িয়ে পড়তে থাকে। পানিকে কোনরূপ নাড়াচাড়া না করা হলেও তা ঘটে। এখানে রঙিন পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ($MnO_4^-$) পানি অণুর মধ্যে ব্যাপন করতে থাকে।

**নিঃসরণ বা অনুব্যাপন ঃ বাহ্যিক উচ্চ চাপের প্রভাবে পাত্রের সরু ছিদ্র পথ দিয়ে কোন গ্যাসের সজোরে একমুখী বের হওয়ার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বা অনুব্যাপন (effusion) বলা হয়।**

**উদাহরণ ঃ** সিলিন্ডারের ভেতরে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে উচ্চ চাপে রাখা হল। এখন ঐ অ্যামোনিয়া সিলিন্ডারে যদি কোন সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে, তবে তা থেকে সজোরে অ্যামোনিয়া বের হয়ে আসবে। এটি হচ্ছে নিঃসরণ।

বাহ্যিক চাপ ছাড়াও সরু ছিদ্র দিয়ে গ্যাস বের হয়ে যায়। তখন তাকে **ব্যাপন** বলা হবে। যেমন একটি পাত্রে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়া গ্যাস নিয়ে সে পাত্রের দেওয়ালে সরু ছিদ্র করে দিলে তা থেকে অতি ধীরে অ্যামোনিয়া গ্যাস বের হয়ে আসবে। এটি হচ্ছে ব্যাপন।

### ১.২২.১। ব্যাপন ও নিঃসরণের মধ্যে পার্থক্য
### Differences between Diffusion and Effusion

| বৈশিষ্ট্য | ব্যাপন | নিঃসরণ |
|---|---|---|
| ১। **সংজ্ঞা ঃ** | ১। উচ্চ ঘনত্বের স্থান থেকে নিম্ন ঘনত্বের স্থানে কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলে। | ১। বাহ্যিক উচ্চ চাপের প্রভাবে পাত্রের সরু ছিদ্রপথে কোন গ্যাসের সজোরে একমুখী বের হওয়াকে নিঃসরণ বলে। |
| ২। **উদাহরণ ঃ** | ২। ফুলের সুগন্ধ ও $H_2S$ গ্যাসের দুর্গন্ধ বাতাসে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় ছড়িয়ে পড়ে। | ২। গাড়ীর চাকার টিউবের ছিদ্র পথে নিঃসরণ প্রক্রিয়ায় বাতাস বের হয়ে পড়ে। |
| ৩। **ভিত্তি বা কারণ ঃ** | ৩। পদার্থের কণা বা অণুসমূহের ইতস্তত স্বতঃস্ফূর্ত চলাচলের কারণে ব্যাপন প্রক্রিয়া ঘটে। | ৩। গ্যাস পাত্রের ভেতরে ও বাইরে চাপের পার্থক্যের কারণে নিঃসরণ প্রক্রিয়া ঘটে। |
| ৪। **প্রক্রিয়ার প্রকৃতি ঃ** | ৪। ব্যাপন হল সাধারণ সমবায়ুচাপে অণুসমূহের স্বতঃস্ফূর্ত মন্থর প্রক্রিয়া। | ৪। নিঃসরণ হল অধিক চাপের প্রভাবে গ্যাসীয় দ্রুত প্রক্রিয়া। |
| ৫। **বায়ু চাপ ঃ** | ৫। ব্যাপনের বেলায় গ্যাস পাত্রের ভেতরে ও বাইরে একই বায়ু চাপ থাকে। | ৫। নিঃসরণের বেলায় গ্যাস পাত্রের ভেতরে অধিক চাপ এবং বাইরে কম চাপ বা ভ্যাকুয়াম অবস্থা থাকে। |



http://pdfcorner.com

## ১.২৩। গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র
### Graham's Law of Gas Diffusion

টমাস গ্রাহাম ব্যাপন হার ও নিঃসরণ হারের উপর অনেক পরীক্ষা–নিরীক্ষার পর সিদ্ধান্তে আসেন যে উভয়েই একই নিয়ম মেনে চলে। **যে গ্যাস যত ভারী অর্থাৎ যে গ্যাসের ঘনত্ব যত বেশি তার ব্যাপন বা নিঃসরণ হার তত কম।** যদিও ব্যাপন ও নিঃসরণ প্রক্রিয়ার মধ্যে মৌলিক পার্থক্য নেই; কিন্তু পরীক্ষাগারে নিঃসরণ পদ্ধতি সম্পর্কে গবেষণা অধিকতর সুবিধাজনক।

১৮২৯ খ্রিস্টাব্দে থমাস গ্রাহাম তৃতীয় কোন গ্যাস যেমন বায়ুর মধ্যে দুটি ভিন্ন গ্যাসের পারস্পরিক ব্যাপনের উপর বহু পরীক্ষা করেন। তাঁর এ সব পরীক্ষার ফলাফল গ্যাসের ঘনত্ব এবং তাদের ব্যাপনের হার সম্পর্কযুক্ত একটি সূত্রে প্রকাশ করেন। **গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

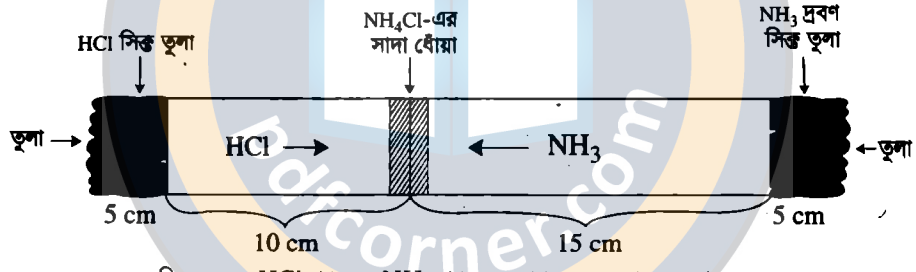
**স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ব্যাপন হার তার ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।** যদি কোন গ্যাসের ঘনত্ব d এবং ব্যাপনের হার r হয়, তবে এ সূত্র অনুসারে,

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}, \text{ বা, } r = \frac{K.1}{\sqrt{d}}, \text{ এখানে K একটি ধ্রুবক} \qquad (১)$$

দুটি গ্যাসের বেলায়, $r_1 = \frac{K}{\sqrt{d_1}}$; এবং $r_2 = \frac{K}{\sqrt{d_2}}$ $\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

**ব্যাখ্যা ঃ**

**পরীক্ষা ঃ** দু'মুখ খোলা 35 cm দৈর্ঘ্যের একটি পরিষ্কার শুষ্ক কাচনল নেয়া হয়। এখন দু'টুকরা তুলার একটিকে গাঢ় HCl ও অপর টুকরাকে গাঢ় $NH_3$ দ্রবণ দ্বারা সিক্ত করে ঐ কাচনলের দু'মুখে 5 cm দূরত্ব পর্যন্ত প্রবিষ্ট রাখা হয়।




চিত্র ১.৯ ঃ HCl গ্যাস ও $NH_3$ গ্যাসের ব্যাপনের তুলনামূলক হার।

কিছু সময় পর দেখা যায় HCl সিক্ত তুলা থেকে প্রায় 10 cm দূরত্বে এবং $NH_3$ দ্রবণ সিক্ত তুলা থেকে প্রায় 15 cm দূরত্বে $NH_4Cl$ এর সাদা ধোঁয়া $[NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl]$ সৃষ্টি হয়েছে।

**গণনা ঃ** $NH_3$ গ্যাসের আণবিক ভর $(M_1 = 17)$, HCl গ্যাসের আণবিক ভর $(M_2 = 36.5)$ **অপেক্ষা কম; অর্থাৎ** $NH_3$ গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব $(d_1 = 8.5)$ থেকে HCl গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব $(d_2 = 18.25)$ বেশি। তাই $NH_3$ গ্যাসের ব্যাপন হার $(r_1)$, HCl গ্যাসের ব্যাপন হার $(r_2)$ থেকে বেশি হয়েছে। উপরিউক্ত ডাটা থেকে পাই,

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\text{নির্দিষ্ট সময়ে } NH_3 \text{ গ্যাসের ব্যাপন}}{\text{ঐ একই সময়ে HCl গ্যাসের ব্যাপন}} = \frac{15 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 1.5 \qquad \ldots (২)$$

আবার, $\sqrt{\left(\frac{\text{HCl গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব}}{NH_3 \text{ গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব}}\right)} = \sqrt{\frac{18.25}{8.50}} = 1.465 \approx 1.5$

অর্থাৎ $\sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = 1.465 \approx 1.5 \qquad \ldots (৩)$

(২) নং ও (৩) নং সম্পর্ক থেকে পাই,

$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$; এটাই গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের মূলকথা।

http://pdfcorner.com

**গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের প্রয়োগ ঃ** (১) গ্যাস ব্যাপন সূত্রের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়। (২) এছাড়া ব্যাপন বা নিঃসরণ হারের পার্থক্যের ভিত্তিতে কোন গ্যাস মিশ্রণের উপাদানসমূহের পৃথকীকরণ বা গাঢ়ীকরণ সম্ভব। (৩) সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য প্রয়োগ হচ্ছে ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের পৃথকীকরণ। দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময় ইউরেনিয়াম ধাতুকে ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুরাইড, $UF_6$ গ্যাসে রূপান্তরিত করে ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে $^{238}U$ হতে $^{235}U$ আইসোটোপকে পৃথক করা হয় এবং $^{235}U$ দ্বারা পারমাণবিক বোমা তৈরি করা হয়, যা হিরোসিমার উপর নিক্ষিপ্ত হয়।

## ১.২৩.১। গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের সাহায্যে আণবিক ভর নির্ণয়
## Determination of Molecular Mass with the help of Graham's Gas Diffusion Law

গ্রাহামের সূত্র ব্যাপন ও নিঃসরণ উভয় ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। যদি একই তাপমাত্রা (T) ও চাপ (P)-এ $d_1$ ও $d_2$ ঘনত্ব বিশিষ্ট ১ম গ্যাস ও ২য় গ্যাসের ব্যাপন বা নিঃসরণ হার যথাক্রমে $r_1$ ও $r_2$ হয়। এক্ষেত্রে ১ম গ্যাস জ্ঞাত আণবিক ভর বিশিষ্ট এবং ২য় গ্যাস অজ্ঞাত আণবিক ভর বিশিষ্ট, তবে

$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}}$; বা, $r_1 = \frac{K}{\sqrt{d_1}}$। আবার, $r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}}$; বা, $r_2 = \frac{K}{\sqrt{d_2}}$। এখানে K একটি ধ্রুবক।

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad (১)$$

মনে করি, একই সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়ে উভয় গ্যাসের একই আয়তন V পরিমাণ নিঃসরণের জন্য যথাক্রমে $t_1$ ও $t_2$ সময় লাগে। তা হলে,

$$r_1 = \frac{V}{t_1}; \text{ এবং } r_2 = \frac{V}{t_2}; \quad \therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1};$$

$$\therefore \frac{t_2}{t_1} = \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad (২)$$

আবার ঘনত্ব, $d = \frac{M}{V}$; M = আণবিক ভর, V = মোলার আয়তন। একই তাপমাত্রা ও চাপে উভয় গ্যাসের মোলার আয়তন সমান হয়। তাই,

$$d_1 = \frac{M_1}{V}, \; d_2 = \frac{M_2}{V}$$

সমীকরণ (২)–এ মান বসিয়ে পাওয়া যায়, $\frac{t_2}{t_1} = \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2/V}{M_1/V}}$

$$\boxed{\frac{t_2}{t_1} = \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}} \qquad (৩)$$

সুতরাং ১ম গ্যাসটি জ্ঞাত আণবিক ভরবিশিষ্ট ($M_1$) গ্যাস ও ২য় গ্যাসটি অজ্ঞাত আণবিক ভরবিশিষ্ট ($M_2$) গ্যাস। একই তাপমাত্রা ও চাপে একই আকারের পৃথক দুটি ছিদ্র পথ দিয়ে উভয় গ্যাসের নিঃসরণ বা ব্যাপন ঘটানো হয় এবং সাথে সাথে ব্যাপন বা নিঃসরণের হার বা সময় মেপে অজ্ঞাত আণবিক ভরবিশিষ্ট গ্যাসের আণবিক ভর বের করা যায়।

এখানে উল্লেখ্য যে, গ্রাহামের গ্যাস–ব্যাপন সূত্রের ক্ষেত্রে গ্যাস মিশ্রণ একক গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। এক্ষেত্রে গ্যাস মিশ্রণের কার্যকর আণবিক ভর উপাদান গ্যাসসমূহের শতকরা পরিমাণ বিবেচনায় রেখে তাদের আণবিক ভরের গড়ের সমান ধরা হয়।

http://pdfcorner.com

## ১.২৪। গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের প্রয়োগে গাণিতিক সমাধান

**Mathematical solution by the application of Graham's Gas diffusion Law**

**উদাহরণ ২৮। পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসেবে 80% নাইট্রোজেন ও 20% অক্সিজেন আছে। বায়ুর ঘনত্ব (হাইড্রোজেনের তুলনায়) নির্ণয় কর। বায়ুর কার্যকর আণবিক ভর কত?**

**সমাধান ঃ** কোন গ্যাসের ঘনত্ব (হাইড্রোজেনের তুলনায়) তার আণবিক ভরের অর্ধেক।

$N_2$ এর আণবিক ভর = 28; সুতরাং, $N_2$ এর ঘনত্ব = $\frac{28}{2}$ = 14

$O_2$ এর আণবিক ভর = 32; সুতরাং, $O_2$ এর ঘনত্ব = $\frac{32}{2}$ = 16

$\therefore$ বায়ুর ঘনত্ব = $\left(14 \times \frac{80}{100}\right) + \left(16 \times \frac{20}{100}\right) = 11.2 + 3.2 = 14.4$ **(উত্তর)**।

$\therefore$ বায়ুর কার্যকর আণবিক ভর = $\left(28 \times \frac{80}{100}\right) + \left(32 \times \frac{20}{100}\right) = 22.4 + 6.4 = 28.8$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২৯। একই আয়তনের একটি অজ্ঞাত গ্যাস ও ক্লোরিন একই তাপমাত্রা ও চাপে একটি ছিদ্র পথ দিয়ে নিঃসরিত হতে যথাক্রমে 1 মিনিট ও 73 সেকেন্ড সময় নেয়। অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ভর কত?**

**সমাধান ঃ** $Cl_2$ এর আণবিক ভর = $35.5 \times 2 = 71$

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র অনুসারে,

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$$\therefore \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 = \frac{M_2}{M_1}$$

বা, $M_1 = M_2 \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$

$= 71 \times \left(\frac{60}{73}\right)^2 = 48$ **(উত্তর)**।

এখানে,

$t_1$ = প্রথম গ্যাস (এখানে অজ্ঞাত গ্যাস) এর ব্যাপন সময়
= 1 মিনিট = 60 সেকেন্ড;

$t_2$ = একই আয়তনের দ্বিতীয় গ্যাসের (এখানে ক্লোরিন) ব্যাপন সময়
= 73 সেকেন্ড।

আবার, $M_2 = 71$; $M_1 = ?$

**উদাহরণ ৩০। নির্দিষ্ট আয়তনের বিশুষ্ক অক্সিজেন নিঃসরিত হতে 80 সেকেন্ড সময় লাগে এবং একই অবস্থায় সমান আয়তনের 20% ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেনের নিঃসরণের জন্য 85 সেকেন্ড সময় প্রয়োজন হয়। ওজোনের আণবিক ভর নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র বিশুষ্ক গ্যাস ও গ্যাস মিশ্রণের জন্য সমভাবে প্রযোজ্য। গ্রাহামের সূত্র অনুযায়ী,

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

বা, $\left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 = \frac{M_2}{M_1}$;

$\therefore M_2 = M_1 \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2$

$= 32 \times \left(\frac{85}{80}\right)^2 = 36$

যেখানে,

$t_1$ = প্রথম গ্যাসের ব্যাপন সময়
= 80 sec (প্রশ্নমতে);

$t_2$ = সমআয়তনের দ্বিতীয় গ্যাসের ব্যাপন সময়
= 85 sec (প্রশ্নমতে);

$M_1$ = প্রথম গ্যাস অর্থাৎ অক্সিজেনের আণবিক ভর = 32

$M_2$ = দ্বিতীয় গ্যাস বা গ্যাস মিশ্রণের কার্যকর আণবিক ভর।

মনে করি, ওজোনের আণবিক ভর = x

$\therefore$ 20% ওজোন ও 80% অক্সিজেন

http://pdfcorner.com

মিশ্রণের কার্যকর আণবিক ভর

$= \left(\text{ওজোনের আণবিক ভর} \times \frac{20}{100}\right) + \left(\text{অক্সিজেনের আণবিক ভর} \times \frac{80}{100}\right)$

$= (x \times 0.2) + (32 \times 0.8) = (0.2x + 25.6)$। এটা $M_2$ অর্থাৎ 36 এর সমান।

অর্থাৎ $(0.2x + 25.6) = 36$

বা, $0.2x = (36 - 25.6) = 10.4$ বা, $x = \frac{10.4}{0.2} = 52$

∴ ওজোনের নির্ণীত আণবিক ভর = 52 **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৩১। একই তাপমাত্রা ও চাপে কোন পাত্রের একই ছিদ্র পথে একটি অজ্ঞাত গ্যাস ও ক্লোরিনের পৃথকভাবে নিঃসরণ হার যথাক্রমে 6 ঃ 5। ক্লোরিনের ঘনত্ব 36 হলে অজ্ঞাত গ্যাসের ঘনত্ব ও আণবিক ভর কত হবে?**

**সমাধান ঃ** গ্রাহামের গ্যাস–ব্যাপন সূত্র মতে,

$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$,

$\therefore \frac{6}{5} = \sqrt{\frac{36}{d_1}}$

উভয় দিকে বর্গ করে পাই,

$\frac{36}{25} = \frac{36}{d_1}$

$\therefore d_1 = 25$, ∴ অজ্ঞাত গ্যাসের ঘনত্ব = 25

প্রশ্নমতে,
অজ্ঞাত গ্যাসের নিঃসরণ হার, $r_1 = 6$
অজ্ঞাত গ্যাসের ঘনত্ব, $d_1 = ?$
ক্লোরিনের নিঃসরণ হার, $r_2 = 5$
ক্লোরিনের ঘনত্ব, $d_2 = 36$

অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর = 2 × ঘনত্ব = 2 × 25 = 50 **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৩২। 100 mL আয়তনের একটি গ্যাস A একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রের ভেতর দিয়ে ব্যাপিত হতে 293 সেকেন্ড সময় নেয়। একই আয়তনের $CO_2$ একই অবস্থায় ব্যাপিত হতে 230 সেকেন্ড সময় লাগে। A গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর।** [ঢা. বো. ২০০০]

**সমাধান ঃ** গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র মতে,

$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$,

$\therefore \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 = \frac{M_2}{M_1}$

$\therefore M_1 = M_2 \times \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$

$= 44 \times \left(\frac{293}{230}\right)^2 = 71.41$ **(উত্তর)**।

প্রশ্নমতে,
১ম গ্যাস, A এর ব্যাপন সময়, $t_1 = 293$ s
১ম গ্যাস, A এর আণবিক ভর, $M_1 = ?$
২য় গ্যাস, $CO_2$ এর ব্যাপন সময়, $t_2 = 230$ s
২য় গ্যাস, $CO_2$ এর আণবিক ভর, $M_2 = 44$

## ১.২৫। গে-লুস্যাকের গ্যাস আয়তন সূত্র
## Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes

দুই বা ততোধিক গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগ 'গ্যাস আয়তন সূত্র' অনুযায়ী হয়। ১৮০৮ খ্রিস্টাব্দে সর্বপ্রথম ফরাসি রসায়নবিদ গে–লুস্যাক এ সূত্রটি আবিষ্কার করেন। তাঁর নামানুসারে এ সূত্রটিকে গে–লুস্যাকের গ্যাস আয়তন সংযোগ সূত্র বলা হয়। সূত্রটি শুধু গ্যাসীয় অবস্থার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। **গ্যাস–আয়তন সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**যখন বিভিন্ন গ্যাস পরস্পরের সাথে রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করে তখন (১) এরা এমনভাবে বিক্রিয়া করে যে এদের পরস্পরের আয়তনসমূহের মধ্যে সর্বদা একটি সরল অনুপাত থাকে, এবং (২) বিক্রিয়ার ফলে**

http://pdfcorner.com

**উৎপন্ন কোন পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তবে এর (বা এদের) আয়তনের সাথে বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের মধ্যেও একটি সরল আনুপাতিক সম্পর্ক থাকে, অবশ্য যদি সকল গ্যাসের আয়তন একই চাপে ও তাপমাত্রায় পরিমাপ করা হয়।**

**উদাহরণ ঃ**

১। পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন পরস্পর সংযুক্ত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{1\text{ আয়তন}}{H_2} + \underset{1\text{ আয়তন}}{Cl_2} = \underset{2\text{ আয়তন}}{2HCl}$$

এখানে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ সকলই গ্যাসীয় এবং এদের আয়তনগুলোর অনুপাত 1 ঃ 1 ঃ 2। এটি ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত অর্থাৎ এটি সরল অনুপাত। সুতরাং উক্ত বিক্রিয়া গ্যাস আয়তন সূত্র সমর্থন করে।

২। পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন স্টিম উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{2\text{ আয়তন}}{2H_2} + \underset{1\text{ আয়তন}}{O_2} = \underset{2\text{ আয়তন}}{2H_2O\text{ (স্টিম)}}$$

এখানে বিক্রিয়ক $H_2$ গ্যাস ও $O_2$ গ্যাসের আয়তনের অনুপাত হল 2 ঃ 1; এটি একটি সরল অনুপাত। আবার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন স্টিমের আয়তনটি হয়েছে ২ আয়তন। অর্থাৎ বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহ ও উৎপাদ গ্যাসের আয়তনের অনুপাত 2 ঃ 1 ঃ 2 ; এটি একটি সরল অনুপাত। সুতরাং উক্ত বিক্রিয়া গ্যাস আয়তন সূত্র সমর্থন করে।

৩। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ৩ আয়তন হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে,

$$\underset{1\text{ আয়তন}}{N_2} + \underset{3\text{ আয়তন}}{3H_2} = \underset{2\text{ আয়তন}}{2NH_3}$$

এখানে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থ সকলই গ্যাসীয় এবং এদের আয়তনের অনুপাত 1 ঃ 3 ঃ 2 ; এটি একটি সরল অনুপাত। কাজেই উপরিউক্ত উদাহরণ গ্যাস আয়তন সূত্রটি সমর্থন করে।

## ১.২৬। হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয়

### Determination of Molecular Formula of Hydrocarbons

**শুধুমাত্র হাইড্রোজেন ও কার্বন দ্বারা গঠিত যৌগসমূহকে হাইড্রোকার্বন বলা হয়।** বিভিন্ন আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অসংখ্য হাইড্রোকার্বন বিদ্যমান। যেমন $CH_4$, $C_2H_6$, $C_2H_4$, $C_2H_2$, $C_6H_6$ প্রভৃতি। বিভিন্ন যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়ের সাধারণ পদ্ধতি বিদ্যমান, যা 'রাসায়নিক গণনা' অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। এছাড়া গ্যাস আয়তন সূত্রের সাহায্যেও হাইড্রোকার্বনসমূহের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়। নিম্নে এ পদ্ধতি আলোচিত হল।

**মূলনীতি ঃ** পরীক্ষাধীন হাইড্রোকার্বন গ্যাসের একটি নমুনার আয়তন মেপে তাকে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনে দহন করা হয়। এ সময় হাইড্রোকার্বনের সব কার্বন পরমাণু কার্বন ডাইঅক্সাইডে এবং সব হাইড্রোজেন পরমাণু জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়।

$$2\ C_xH_{2y} + (2x + y)\ O_2 \longrightarrow 2x\ CO_2 + 2y\ H_2O$$

যেমন, $2\ C_2H_6\ (g) + 7\ O_2\ (g) \longrightarrow 4\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (g)$

উত্তপ্ত এ গ্যাস মিশ্রণে **কার্বন ডাইঅক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও অতিরিক্ত অক্সিজেন** থাকে। এ গ্যাস মিশ্রণকে অনার্দ্র দানাদার ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে তা জলীয় বাষ্প শোষণ করে। সুতরাং গ্যাস মিশ্রণের আয়তন হ্রাস পায়, এ হ্রাসের পরিমাণ জলীয় বাষ্পের আয়তনের সমান। অতঃপর এ শুষ্ক গ্যাসকে চুন বা ক্যালসিয়াম অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করা হয়। তখন কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস শোষিত হয়। এ সময় গ্যাসের যে আয়তন হ্রাস পায়, তা উৎপাদিত কার্বন ডাইঅক্সাইডের আয়তনের সমান।

$$CaO + CO_2 \longrightarrow CaCO_3$$

http://pdfcorner.com

**গণনা ঃ** অ্যাভোগাড্রোর সূত্র মতে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের সব গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। সুতরাং এ সূত্র থেকে বলা যায়, যদি পরীক্ষাধীন হাইড্রোকার্বনের নমুনার আয়তন V mL. হয় এবং এতে n সংখ্যক হাইড্রোকার্বন অণু থাকে, তবে V mL. $CO_2$ এ n সংখ্যক $CO_2$ অণু এবং V mL. জলীয় বাষ্পে n সংখ্যক $H_2O$ অণু থাকবে। যদি উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের আয়তন $V_1$ হয়, তবে তাতে $H_2O$ অণুর সংখ্যা = $\frac{V_1}{V}$ . n = yn; যেখানে $y = \frac{V_1}{V}$ ।

যেহেতু এক অণু $H_2O$ এ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান, সেহেতু উৎপন্ন জলীয় বাষ্পে সর্বমোট হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা হবে 2 yn। এ 2 yn সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু n সংখ্যক হাইড্রোকার্বন অণুতে বিদ্যমান। সুতরাং একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা = 2y।

একইভাবে বলা যায়, যদি উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইডের আয়তন $V_2$ mL. হয়, তবে তাতে $CO_2$ অণুর সংখ্যা = $\frac{V_2}{V}$ n = xn : যেখানে $x = \frac{V_2}{V}$ ।

এক অণু কার্বন ডাইঅক্সাইড অণুতে একটি কার্বন পরমাণু বিদ্যমান। সুতরাং উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসে সর্বমোট কার্বন পরমাণুর সংখ্যা xn। এ সংখ্যক কার্বন পরমাণু n সংখ্যক হাইড্রোকার্বন অণুতে বিদ্যমান। অতএব একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা = x।

অতএব হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত হচ্ছে $C_xH_{2y}$,

এখানে, $x = \frac{V_2}{V} = \frac{\text{কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের আয়তন}}{\text{হাইড্রোকার্বন গ্যাসের আয়তন}}$ ; এবং $y = \frac{V_1}{V} = \frac{\text{জলীয় বাষ্পের আয়তন}}{\text{হাইড্রোকার্বন গ্যাসের আয়তন}}$ ;

এখানে উল্লেখ্য যে, সব গ্যাসের আয়তন একই তাপমাত্রা ও চাপে মাপতে হবে।

তরল হাইড্রোকার্বনের ক্ষেত্রে তাকে প্রথমে উচ্চ তাপমাত্রায় বাষ্পে রূপান্তরিত করা হয় এবং সব মাপন সে তাপমাত্রায় করতে হয়।

**উদাহরণ ৩৩। 200° C তাপমাত্রায় 50 mL কোন হাইড্রোকার্বন গ্যাসের নমুনাকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে দহন করে যে গ্যাস পাওয়া গেল তাকে অনার্দ্র $CaCl_2$ এর উপর দিয়ে প্রবাহিত করায় 150 mL আয়তন হ্রাস পায়; এরপর প্রাপ্ত গ্যাসকে CaO এর উপর প্রবাহিত করলে 100 mL আয়তন হ্রাস পায়। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর। সব ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন একই তাপমাত্রা ও চাপে মাপা হয়।**

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, জলীয় বাষ্পের আয়তন = 150 mL; যেহেতু $CaCl_2$ জলীয় বাষ্প শোষণ করে এবং এ সময় গ্যাসের আয়তন হ্রাস = 150 mL ।

আবার CaO চূর্ণ $CO_2$ গ্যাস শোষণ করে, এ সময় গ্যাসের আয়তন হ্রাস = 100 mL। সুতরাং উৎপাদিত $CO_2$ গ্যাসের আয়তন = 100 mL।

অ্যাভোগাড্রো সূত্র মতে আমরা জানি যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে একই আয়তনের সব গ্যাসের সমান সংখ্যক অণু থাকে। যদি 50 mL হাইড্রোকার্বন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে, 50 mL জলীয় বাষ্পেও n সংখ্যক অণু আছে, 50 mL কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসেও n সংখ্যক অণু বিদ্যমান।

∴ 150 mL জলীয় বাষ্প $\frac{150 \times n}{50} = 3n$ সংখ্যক পানির অণু বিদ্যমান। যেহেতু প্রতিটি পানির অণুতে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান; সুতরাং এতে $2 \times 3n = 6n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান।

আবার 100 mL কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসে $\frac{100 \times n}{50} = 2n$ সংখ্যক কার্বন ডাইঅক্সাইড অণু বিদ্যমান। যেহেতু প্রতিটি কার্বন ডাইঅক্সাইড অণুতে একটি কার্বন পরমাণু বিদ্যমান, সেহেতু এতে 2n সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিদ্যমান।

∴ n সংখ্যার হাইড্রোকার্বন অণুতে 2n সংখ্যক কার্বন ও 6n সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান।

∴ 1টি হাইড্রোকার্বন অণুতে 2টি কার্বন ও 6টি হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান।

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = $C_2H_6$ **(উত্তর)** ।

**বিকল্প পদ্ধতি ঃ** হাইড্রোকার্বনের দহন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণের সাহায্য নিয়ে এ গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় করা যায়। তবে এ **পদ্ধতিটি পূর্বের চেয়ে বেশি জটিল ও কম নির্ভুল।**

http://pdfcorner.com

**মূলনীতি ঃ** বিশুষ্ক হাইড্রোকার্বন গ্যাসের একটি নমুনার আয়তন ($V_1$) মেপে এর সাথে অতিরিক্ত বিশুষ্ক $O_2$ মিশিয়ে এ মিশ্রণের আয়তন ($V_2$) মাপা হয়। এ দুটি আয়তনের পার্থক্য ($V_2 - V_1$) হচ্ছে বিশুষ্ক $O_2$ এর আয়তন। এরপর দহন ক্রিয়া ঘটালে হাইড্রোকার্বন পুড়ে $CO_2$ ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে, এ সাথে অব্যবহৃত $O_2$ থেকে যায়। ঠান্ডা করলে জলীয় বাষ্প তরলে পরিণত হয়। এরপর যে গ্যাস থাকে তার আয়তন ($V_3$) মাপা হয়। এ গ্যাসকে CaO এর উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে $CO_2$ শোষিত হয়। ফলে শুধুমাত্র অব্যবহৃত $O_2$ থাকে। এর আয়তন ($V_4$) মাপা হয়। সুতরাং $CO_2$ এর পরিমাণ হচ্ছে ($V_3 - V_4$)। আবার ($V_2 - V_1$) হচ্ছে মিশ্রিত $O_2$ এর পরিমাণ এবং $V_4$ হচ্ছে অব্যবহৃত $O_2$ এর পরিমাণ। সুতরাং ($V_2 - V_1 - V_4$) হচ্ছে হাইড্রোকার্বনের দহন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত $O_2$ এর পরিমাণ। এ সব ডাটা থেকে নিম্নরূপে হাইড্রোকার্বনের সংকেত বের করা যায়।

**গণনা ঃ** হাইড্রোকার্বনের দহনের সময় প্রতিটি কার্বন পরমাণু একটি অক্সিজেন অণুর সাথে এবং চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেন অণুর সাথে যুক্ত হয়।

C (হাইড্রোকার্বনের অণুতে বিদ্যমান) $+ O_2 \rightarrow CO_2$

4H (হাইড্রোকার্বনের অণুতে বিদ্যমান) $+ O_2 \rightarrow 2H_2O$

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের সংকেত $C_xH_y$ হলে এর এক মোলের সাথে $\left(x + \frac{y}{4}\right)$ মোল অক্সিজেন বিক্রিয়া করে।

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

যেমন, $C_4H_{10} + \left(4 + \frac{10}{4}\right) O_2 \rightarrow 4CO_2 + \frac{10}{2} H_2O$

$$C_2H_6 + \left(2 + \frac{6}{4}\right) O_2 \rightarrow 2CO_2 + \frac{6}{2} H_2O$$

অর্থাৎ অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প মতে আমরা লিখতে পারি,

1 আয়তন $C_xH_y$ হাইড্রোকার্বন $\left(x + \frac{y}{4}\right)$ আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে x আয়তন $CO_2$ উৎপন্ন করে।

$\therefore$ $V_1$ আয়তন $C_xH_y$ হাইড্রোকার্বন $\left(x + \frac{y}{4}\right) V_1$ আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে $xV_1$ আয়তন $CO_2$ উৎপন্ন করে।

আবার পরীক্ষা থেকে দেখা যায় যে, $V_1$ আয়তনের হাইড্রোকার্বন ($V_2 - V_1 - V_4$) আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে ($V_3 - V_4$) আয়তনের $CO_2$ উৎপন্ন করে।

$\therefore \left(x + \frac{y}{4}\right) V_1 = (V_2 - V_1 - V_4)$ এবং $xV_1 = V_3 - V_4$

এ দুটি সমীকরণ থেকে অংক কষে x ও y এর মান বের করা যায়।

**উদাহরণ ৩৪। 20 mL আয়তনের একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাসের সাথে অতিরিক্ত $O_2$ মিশ্রিত করে এর আয়তন 90 mL করা হল। এর পর তা দহন করা হল। শীতল গ্যাস মিশ্রণের আয়তন হল 50 mL। এ গ্যাস মিশ্রণে CaO যোগ করা হলে তার আয়তন কমে 10 mL হল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোকার্বনের আয়তন, $V_1 = 20$ mL।

হাইড্রোকার্বন ও মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন, $V_2 = 90$ mL।

$\therefore$ মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন, $(V_2 - V_1) = (90 - 20) = 70$ mL

অব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ, $V_4 = 10$ mL

$\therefore$ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী $O_2$ এর পরিমাণ, $(V_2 - V_1 - V_4) = (70 - 10) = 60$ mL

উৎপন্ন $CO_2$ ও অব্যবহৃত $O_2$ এর মোট আয়তন, $V_3 = 50$ mL

$\therefore$ উৎপন্ন $CO_2$ এর আয়তন, $(V_3 - V_4) = (50 - 10) = 40$ mL

সুতরাং 20 mL আয়তন হাইড্রোকার্বন 60 mL আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে 40 mL আয়তন $CO_2$ উৎপন্ন করে।

http://pdfcorner.com

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বন 3 আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে 2 আয়তন $CO_2$ উৎপন্ন করে। ... (ক)
হাইড্রোকার্বনের সংকেত $C_xH_y$ হলে এর দহন বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 = xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,
1 আয়তনের হাইড্রোকার্বন $\left(x + \frac{y}{4}\right)$ আয়তন $O_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে x আয়তনের $CO_2$ উৎপন্ন করে। (খ)

সিদ্ধান্ত (ক) ও (খ) এর মধ্যে তুলনা করে বোঝা যায় যে, $x + \frac{y}{4} = 3$ এবং $x = 2$
x এর মান দ্বিতীয় সমীকরণে বসালে পাওয়া যায়, $2 + \frac{y}{4} = 3$; $\therefore \frac{y}{4} = (3 - 2) = 1$; $\therefore y = 4$
অর্থাৎ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হচ্ছে $C_2H_4$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৩৫। 20 mL আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে অধিক পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাসে দহন করে শীতল করলে 30 mL সঙ্কুচিত হয়। অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণকে ক্ষার দ্রবণে চালনা করলে আরও 40 mL হ্রাস পায়। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** বিস্ফোরণের পর শীতলকরণের ফলে সঙ্কুচিত আয়তন হল পানি বাষ্পের এবং ক্ষার দ্রবণে চালনার পর সঙ্কুচিত আয়তন হল $CO_2$ গ্যাসের।

ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনের সংকেত হল $C_xH_y$ এবং এর দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

$$1 \text{ mol } C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) \text{ mol } O_2 \rightarrow x \text{ mol } CO_2$$

$$20 \text{ mL } C_xH_y + 20\left(x + \frac{y}{4}\right) \text{ mL } O_2 \rightarrow 20x \text{ mL } CO_2$$

অর্থাৎ 20 mL হাইড্রোকার্বনের দহনে উৎপন্ন $CO_2$ গ্যাসের আয়তন হল 20x mL এবং প্রশ্নমতে তা 40 mL
$\therefore 20x = 40$; বা, $x = 2$
আবার হাইড্রোকার্বনের দহন ও শীতলকরণের ফলে মোট পানি বাষ্পের সঙ্কুচিত আয়তন হল 30 mL এবং সমীকরণ মতে তা নিম্নরূপ হয়–

$$20 \text{ mL} + 20\left(x + \frac{y}{4}\right) \text{ mL} - 20x \text{ mL} = 30 \text{ mL}$$

বা, $20\left(1 + x + \frac{y}{4} - x\right) = 30$ বা, $20\left(1 + \frac{y}{4}\right) = 30$; বা, $1 + \frac{y}{4} = 1.5$, $\therefore y = 2$
$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির নির্ণয় সংকেত = $C_2H_2$ **(উত্তর)**।

## ১.২৭। গ্যাসের গতিতত্ত্ব

### Kinetic Theory of Gases

বিভিন্ন গ্যাসের রাসায়নিক ধর্ম ও আণবিক সংকেত সম্পূর্ণ ভিন্ন; আবার কিছু কিছু ভৌত ধর্ম (যেমন স্ফুটনাঙ্ক, বর্ণ প্রভৃতি) ভিন্ন। কিন্তু আশ্চর্যজনক বিষয় হচ্ছে সব গ্যাস কয়েকটি ক্ষেত্রে একইরূপ আচরণ করে। যেমন সব গ্যাসই বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্র প্রভৃতি মেনে চলে। সুতরাং বোঝা যায় যে, গ্যাসীয় অবস্থায় সব পদার্থ কিছু বিশেষ ধরনের আচরণ করে, যার ফলশ্রুতিতে এ সব সূত্র মেনে চলে।

**গ্যাসের গতিতত্ত্ব ঃ** গ্যাসসমূহের সাধারণ ভৌত ধর্মসমূহ ব্যাখ্যার জন্য বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন মতবাদ ব্যক্ত করেন। তন্মধ্যে যে ধারণাসমূহ গৃহীত হয়েছে, তাদের সমষ্টিগত রূপকে **গ্যাসের গতিতত্ত্ব** বলা হয়। উল্লেখ্য যে, গ্যাসের সাধারণ ধর্মাবলি ব্যাখ্যায় যে স্বীকার্যসমূহ প্রস্তাবিত হয়েছিল, তা অণুর ধারণার পূর্বেই করা হয়েছিল।



http://pdfcorner.com

## গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ (Postulates of Kinetic theory of gases)

গ্যাসের গতিতত্ত্বের মূল স্বীকার্যসমূহ হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

১। **গ্যাসের ক্ষুদ্রতম কণা ঃ** যেকোন গ্যাস এর অসংখ্য ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণিকার সমন্বয়ে গঠিত। যেকোন নির্দিষ্ট গ্যাসের কণিকাসমূহের ভর পরস্পর সমান। বর্তমানে অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুসারে এবং আধুনিক রসায়নের ধারণা অনুযায়ী এ **কণিকাসমূহকে অণু (molecule) বলা হয়।**

২। **গ্যাসের অণুসমূহের আয়তন ঃ** অণুসমূহের **মোট আয়তন** গ্যাসাধারের আয়তনের তুলনায় অতি নগণ্য।

৩। **অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ ঃ** অণুসমূহের নিজের মধ্যে এবং অণু ও গ্যাসাধারের দেওয়ালের মধ্যে কোন **আকর্ষণ বা বিকর্ষণ** নেই।

৪। **অণুসমূহের গতির প্রকৃতি ঃ** গ্যাসের অণুসমূহ সব সময় খুব দ্রুতগতিতে সরলরৈখিক পথে ইতস্তত সম্ভবপর সব দিকে ছুটাছুটি করে। ফলে অণুসমূহের পরস্পরের সাথে 'আণবিক সংঘর্ষ' এবং গ্যাসাধারের দেওয়ালের সাথে অবিরাম সংঘর্ষ ঘটে। এ **সংঘর্ষের ফলে অণুসমূহের গতির দিক পরিবর্তিত হয়।** গ্যাসের অণুসমূহের প্রচন্ড গতির উপর অভিকর্ষ শক্তির কোন প্রভাব নেই। দুটো আণবিক সংঘর্ষের মধ্যবর্তী সরলরৈখিক গতিপথের দূরত্বসমূহের গড়মানকে গ্যাস অণুর **গড় মুক্ত পথ** বলা হয়।

৫। **অণুসমূহের মধ্যে সংঘর্ষের প্রকৃতি ঃ** অণুসমূহ গোলাকার, কঠিন ও সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক (perfectly elastic)। যেহেতু অণুসমূহ স্থিতিস্থাপক, সেহেতু যখন তাদের পরস্পরের সাথে বা দেওয়ালের সাথে সংঘর্ষ ঘটে, তখন তাদের গতিশক্তি অভ্যন্তরীণ বা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় না। অর্থাৎ **অণুসমূহের সংঘর্ষসমূহও সম্পূর্ণরূপে স্থিতিস্থাপক।** অণুসমূহের মধ্যে শুধু সংঘর্ষের জন্য যে সময় ব্যয় হয় তা দুটো সংঘর্ষের মধ্যবর্তী সময়ের তুলনায় নগণ্য।

৬। **গ্যাসের চাপ সৃষ্টি ঃ** গ্যাসাধারের দেওয়ালের উপর গ্যাসের অণুসমূহের অবিরাম সংঘর্ষের ফলেই **গ্যাসের চাপের** সৃষ্টি হয়।

৭। **অণুসমূহের মোট গতিশক্তি ঃ** অণুসমূহের মোট গতিশক্তি তথা প্রতিটি **অণুর গড় গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।**

গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে তাত্ত্বিকভাবে দেখানো যায় যে, যদি কোন আদর্শ গ্যাসের আয়তন V, এর চাপ P, প্রতিটি গ্যাস অণুর ভর m, নমুনায় গ্যাস অণুর সংখ্যা N এবং গ্যাস অণুসমূহের বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ c হয়, তবে–

$$PV = \frac{1}{3}mNc^2$$

এ সমীকরণকে **আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ** (Kinetic equation of ideal gases) বলা হয়।

বিজ্ঞানী ক্লসিয়াস (R.J. Clausius) আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা করেন।

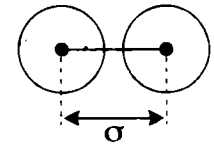
## কী প্রক্রিয়ায় গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয়?

যে কোন গ্যাস অসংখ্য ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অণু দ্বারা গঠিত। অণুসমূহ সব সময় অতি দ্রুতগতিতে ইতস্তত ধাবমান। ফলে পরস্পরের সাথে এবং গ্যাসাধারের ভেতরের দেওয়ালের সাথে তাদের অবিরাম স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ চলতে থাকে। এ সংঘর্ষের মাধ্যমে অণুসমূহ গ্যাসাধারের দেওয়ালের উপর বল প্রয়োগ করে। গ্যাসাধারের দেওয়ালে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে গ্যাস–অণুসমূহের প্রয়োগকৃত বলকে **গ্যাসের চাপ** বলা হয়।

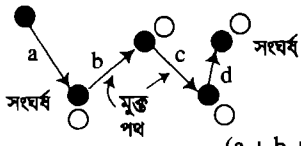
**(ক) আণবিক সংঘর্ষ ও সংঘর্ষ ব্যাস ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্বের আণবিক সংঘর্ষ বুঝতে হলে আণবিক ব্যাস, আণবিক সংঘর্ষ ব্যাস ও গড় মুক্ত পথ—এ তিনটি পদের ধারণা থাকা প্রয়োজন। গ্যাসের অণুসমূহ প্রচন্ড দ্রুতগতিতে সরলরৈখিক পথে ইতস্তত সম্ভবপর সবদিকে ছুটাছুটি করার সময় দুটি গ্যাস অণু পরস্পরের নিকটে আসলে এক সময় এদের মধ্যে কার্যকরী বিকর্ষণ বল অত্যন্ত সক্রিয় হয়ে ওঠে। তখন উভয় অণু বিপরীত দিকে ধাবিত হতে বাধ্য হয়। এরূপ অবস্থাকে গ্যাসের **আণবিক সংঘর্ষ** (molecular collision) বলে। অপর কথায়, দুটি অণু সম্ভাব্য ন্যূনতম দূরত্বে এসে এদের মধ্যে বিকর্ষণের কারণে বিপরীত দিকে ফিরে যাওয়াকে **আণবিক সংঘর্ষ** বলে।

http://pdfcorner.com

প্রতিটি আণবিক সংঘর্ষকালে উভয় অণুর কেন্দ্রবিন্দুর ন্যূনতম দূরত্বকে **সংঘর্ষ ব্যাস** বলে। সংঘর্ষ ব্যাসকে '$\sigma$' (সিগমা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আণবিক ব্যাস থেকে সংঘর্ষ ব্যাস একটু বড় হয়। অধিকাংশ গ্যাসের আণবিক ব্যাসের মাত্রা 2Å (অ্যাংস্ট্রম) বা $2 \times 10^{-10}$m এর কাছাকাছি হয়। অপরদিকে সংঘর্ষ ব্যাসের মাত্রা 2Å থেকে 4Å এর মধ্যে থাকে। সংঘর্ষকালীন দুটি অণু এদের আণবিক সংঘর্ষ ব্যাসের চেয়ে বেশি নিকটে আসতে পারে না।



সংঘর্ষ ব্যাস



গড় মুক্ত পথ, $l = \frac{(a + b + c + d)}{4}$

**গড় মুক্ত পথ ঃ** পর পর দুটি সংঘর্ষকালীন একটি গ্যাস অণু যতটা সরলরৈখিক পথ অতিক্রম করে ঐ দূরত্বকে গ্যাস অণুর **মুক্ত পথ** বলে। সকল মুক্তপথের মোট দূরত্বকে মোট সংঘর্ষ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে মুক্ত পথসমূহের যে গড় দূরত্ব পাওয়া যায়, তাকে **গড় মুক্ত পথ** বলা হয়। গড় মুক্ত পথকে '$l$' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি করলে '$l$' এর মান হ্রাস পায় ও চাপ হ্রাস করলে '$l$' এর মান বৃদ্ধি পায়। কারণ চাপ বৃদ্ধি করলে আন্তঃআণবিক দূরত্ব হ্রাস পায়। আবার স্থির চাপে গড় মুক্ত পথ কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক হয়।

## ১·২৮। গ্যাসের বিভিন্ন প্রকারের আণবিক গতিবেগ

### Different types of Molecular Velocities of Gases

যেকোন গ্যাসের নমুনায় অগনিত অণু বিদ্যমান। অণুসমূহের মধ্যে অবিরাম সংঘর্ষের ফলে তাদের মোট গতি শক্তির কোন পরিবর্তন না হলেও বিভিন্ন অণুর গতিবেগের সতত পরিবর্তন হয়। এ সব অণুর গতিবেগ কোন সময় সমান নয়, কোন মুহূর্তে একটি অণুর গতিবেগ প্রায় শূন্য হতে পারে, সে সময় আরেকটি অণুর গতিবেগ তা অপেক্ষা কয়েক শ গুণ বেশি হতে পারে। পর মুহূর্তে প্রায় নিশ্চল অণুটি খুব দ্রুতগতি সম্পন্ন হতে পারে। দ্রুততর অণুটি একসময় শ্লথ হয়ে যেতে পারে, অথবা আরো দ্রুততরও হতে পারে। এ অবস্থায় কোন অণুর গতিবেগ নির্দিষ্ট করে বলা সম্ভব নয়। তবে তাদের গড় গতিবেগ হিসাব করা যায়। অপরদিকে বিভিন্ন ধরনের গড় হিসাব করা যায়।

**(১) গড় গতিবেগ (mean velocity) ঃ কোন গ্যাসের অণুসমূহের বিভিন্ন গতিবেগের পাটীগণিতীয় গড়কে সে গ্যাসের অণুসমূহের গড় গতিবেগ বলা হয়।**

মনে করি, একটি গ্যাসাধারে গ্যাসের N সংখ্যক অণু আছে, তাদের গতিবেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3, c_4, \ldots c_N$।

সেক্ষেত্রে গড় গতিবেগ $\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + \ldots\ldots + c_N}{N}$ (১)

গড় বেগ ($\bar{c}$)-কে নিম্ন সমীকরণ দ্বারাও প্রকাশ করা হয় ঃ $\bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$

**(২) বর্গমূল-গড়-বর্গবেগ বা RMS বেগ ঃ** কোন গ্যাসের অণুসমূহের গতিবেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে গ্যাসটির অণুসমূহের বর্গমূল-গড়-বর্গবেগ বা RMS বেগ (root mean square velocity) বলা হয়। মনে করি, একটি গ্যাসাধারে N সংখ্যক অণু আছে, তাদের গতিবেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3, c_4, \ldots\ldots, c_N$। তখন বর্গমূল-গড়-বর্গবেগকে c দ্বারা চিহ্নিত করলে,

$$c = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + c_4^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + c_N^2}{N}} \quad (২)$$

RMS বেগ (c)-কে পরম তাপমাত্রা ও মোলার ভরের সাথে সম্পর্ক স্থাপন করে নিম্ন সমীকরণ দ্বারাও প্রকাশ করা হয় ঃ

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

গ্যাসের অণুসমূহের মোট গতিশক্তি নির্ণয়ের জন্য RMS বেগ প্রয়োজন।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩৬। একটি গ্যাসের কয়েকটি অণুর গতিবেগ হচ্ছে যথাক্রমে 2, 3, 4, 5, 4, 6, 4, 7, 3, 5, cm/sec। অণুসমূহের গড় গতিবেগ, বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ বের কর।**

**সমাধান ঃ** ১০টি অণুর মধ্যে ৩টি অণুর গতিবেগ হচ্ছে 4 $cms^{-1}$; ২টি করে অণুর গতিবেগ 3 $cms^{-1}$ এবং 5 $cms^{-1}$ এবং অন্যান্য ভিন্ন গতিবেগসম্পন্ন অণুর সংখ্যা প্রতি ক্ষেত্রে ১।

$$\therefore \text{ গড় গতিবেগ } = \frac{2+3+4+5+4+6+4+7+3+5}{10} = \frac{43}{10} = 4.3 \text{ cms}^{-1} \textbf{ (উত্তর)}$$

$$\text{বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ } = \sqrt{\left(\frac{2^2+3^2+4^2+5^2+4^2+6^2+4^2+7^2+3^2+5^2}{10}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{4+9+16+25+16+36+16+49+9+25}{10}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{205}{10}\right)} = \sqrt{20.5} = 4.52 \text{ cms}^{-1} \textbf{ (উত্তর)}$$

[**বি. দ্র. ঃ** বাস্তবক্ষেত্রে যে কোন নমুনায় কোটি × কোটির বেশি অণু থাকে এবং তাদের গতিবেগ উদাহরণে উল্লিখিত গতির বহু হাজার গুণ বেশি হয়।]

## বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ প্রয়োজনীয় কেন?

বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ (c) হচ্ছে এমন একটি বেগ, যা প্রতিটি অণুর সাধারণ গতিবেগ ধরে অণুসমূহের গতিশক্তি হিসাব করলে তাদের প্রকৃত মোট গতিশক্তি পাওয়া যায়। গড় গতিবেগ ($\bar{c}$) বা সবচেয়ে সম্ভাব্য গতিবেগ $a$ হতে সরাসরি গতিশক্তি পাওয়া যায় না।

মনে করি, একটি গ্যাসের নমুনায় N সংখ্যক অণু আছে, এদের গতিবেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3 \ldots\ldots\ldots c_N$ এবং প্রতিটি অণুর ভর m.।

$$\therefore \text{ অণুসমূহের মোট গতিশক্তি } = \frac{1}{2}mc_1^2 + \frac{1}{2}mc_2^2 + \frac{1}{2}mc_3^2 + \ldots\ldots + \frac{1}{2}mc_N^2$$

$$= \frac{1}{2}m(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \ldots\ldots + c_N^2) \qquad (৩)$$

আবার প্রতিটি অণুর সাধারণ গতিবেগ c ধরা হলে প্রতিটি অণুর গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mc^2$। সুতরাং Nটি অণুর সর্বমোট

$$\text{গতিশক্তি } = \frac{1}{2}mNc^2 = \frac{1}{2}m.N.\left\{\sqrt{\frac{(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \ldots + c_N^2)}{N}}\right\}^2$$

$$= \frac{1}{2}mN\,\frac{(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \ldots + c_N^2)}{N}$$

$$= \frac{1}{2}m(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \ldots\ldots + c_N^2) \qquad (৪)$$

সমীকরণ (৩) ও (৪) তুলনা করলে দেখা যায় যে,

বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগকে প্রতিটি অণুর সাধারণ গতিবেগ ধরে অণুসমূহের মোট গতিশক্তি হিসাব করা হলে তা প্রকৃত গতিশক্তির সমান হয়।

## ১.২৯। গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে গ্যাসীয় সূত্রসমূহের উপপাদন

### Deduction of Gas Laws From Kinetic Theory of Gases

গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে প্রাপ্ত আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ $PV = \frac{1}{3}mNc^2$ এর সত্যতা প্রত্যক্ষভাবে যাচাই করা সম্ভব নয়। কেননা গ্যাস অণুসমূহের বর্গমূল–গড়–বর্গ গতিবেগ বা অন্য কোন গতিবেগ নির্ধারণ করা যায় না। কিন্তু গ্যাসীয় সূত্রসমূহ এ সমীকরণ হতে উপপাদন করা যায় এবং গ্যাসীয় সূত্রসমূহ হচ্ছে পরীক্ষা–নিরীক্ষা হতে প্রাপ্ত

http://pdfcorner.com

গ্যাসের সত্য ভৌত বৈশিষ্ট্য। সুতরাং এ সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণটি এবং তা যে যে স্বীকার্যের উপর প্রতিষ্ঠিত তারা সঠিক।

**(ক) বয়েলের সূত্র উপপাদন ঃ** কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অর্থাৎ n মোল গ্যাসে N সংখ্যক অণু থাকলে, প্রতিটি অণুর ভর m এবং অণুসমূহের বর্গমূল গড় বর্গ গতিবেগ c এবং ঐ গ্যাসের চাপ P ও আয়তন V হলে গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে যে গতীয় সমীকরণ পাওয়া যায় তা হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$PV = \frac{1}{3}mNc^2 = \frac{2}{3}N \times \frac{1}{2}mc^2 = \frac{2}{3} \times E_T$ ... (1)  এখানে, $\frac{1}{2}mc^2$ অণুসমূহের গড় গতিশক্তি।

$\therefore$ অণুসমূহের মোট গতিশক্তি, $E_T = \frac{1}{2}mNc^2$

আবার গতিতত্ত্বের স্বীকার্য মতে, মোট গতিশক্তি ($E_T$) কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

$\therefore$ অণুসমূহের মোট গতিশক্তি $E_T \propto T$

বা, $E_T = K \times T$; এখানে K হল ধ্রুবক।

সুতরাং (1) নং সমীকরণে মোট গতিশক্তি $E_T$ এর মান বসিয়ে পাই–

$PV = \frac{2}{3} \times KT$ ... (2); [স্থির তাপমাত্রায়]

বা, $PV = K'$ (ধ্রুবক); $\because \frac{2}{3} \times KT = K'$ (ধ্রুবক)

বা, $V = K' \times \frac{1}{P}$ বা, $V \propto \frac{1}{P}$; [স্থির তাপমাত্রায়]

**এটিই বয়েলের সূত্রের গাণিতিক রূপ। অতএব, গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে বয়েলের সূত্র উপপাদন করা হল।**

**(খ) চার্লসের সূত্র উপপাদন ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে প্রাপ্ত গতীয় সমীকরণ হচ্ছে,

$$PV = \frac{1}{3}mNc^2 = \frac{2}{3}N.\frac{1}{2}mc^2 \qquad (১)$$

এখানে P = গ্যাসের চাপ, V = নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন, m = প্রতিটি গ্যাস অণুর ভর, N = মোট অণুর সংখ্যা, c = গ্যাসের RMS বেগ। আবার $\frac{1}{2}mc^2$ হচ্ছে গ্যাসের অণুসমূহের গড় গতিশক্তি। গতিতত্ত্বের স্বীকার্য মতে, **গ্যাসের অণুসমূহের গড় গতিশক্তি কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।** অর্থাৎ $\frac{1}{2}mc^2 \propto T$

বা, $\frac{1}{2}mc^2 = KT$, যেখানে K একটি ধ্রুবক, (২)

সমীকরণ (১) ও (২) থেকে পাই,

$PV = \frac{2}{3}.N.KT$ বা, $V = \left(\frac{2NK}{3P}\right) \times T$; স্থির চাপে

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের অণুর সংখ্যা N এর মান নির্দিষ্ট। অতএব স্থির চাপে (P) এ নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য লেখা যায়,

$V = K' \times T$; যেখানে $K' = \left(\frac{2NK}{3P}\right)$ = স্থির সংখ্যা।

$\therefore V \propto T$ (স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য)।

**এটিই চার্লসের সূত্রের গাণিতিক রূপ। অতএব, গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে চার্লসের সূত্র উপপাদন করা হল।**

**(গ) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র উপপাদন ঃ** একই তাপমাত্রা (T) ও একই চাপ (P)-এ সমআয়তনের (V) দুটি গ্যাসের কথা বিবেচনা করি। গ্যাসের গতীয় সমীকরণ মতে,

১ম গ্যাসের জন্য পাই, $PV = \frac{1}{3}m_1N_1c_1^2$ যেখানে $m_1$, $N_1$ ও $c_1$ যথাক্রমে প্রথম গ্যাসের প্রতিটি অণুর ভর, গৃহীত গ্যাসে অণুর সংখ্যা এবং অণুসমূহের RMS গতিবেগ।

অনুরূপভাবে, ২য় গ্যাসের ক্ষেত্রে, $PV = \frac{1}{3}m_2N_2c_2^2$

যেহেতু উভয় গ্যাসের ক্ষেত্রে P ও V সমান, সুতরাং তাদের PV এর মান পরস্পর সমান।

http://pdfcorner.com

$$\frac{1}{3} m_1 N_1 c_1^2 = \frac{1}{3} m_2 N_2 c_2^2$$

বা, $m_1 N_1 c_1^2 = m_2 N_2 c_2^2$ (১)

গ্যাস দুটির তাপমাত্রা সমান, তাই গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য মতে উভয় গ্যাসের অণুর গড় গতিশক্তি সমান।

$$\therefore \frac{1}{2} m_1 c_1^2 = \frac{1}{2} m_2 c_2^2$$

বা, $m_1 c_1^2 = m_2 c_2^2$. (২)

সমীকরণ (১)–কে সমীকরণ (২) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়, $N_1 = N_2$

**অর্থাৎ একই তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের বিভিন্ন গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। এটিই অ্যাভোগাড্রোর সূত্র। সুতরাং গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে অ্যাভোগাড্রোর সূত্র উপপাদন করা হল।**

**(ঘ) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র উপপাদন ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে প্রাপ্ত গতীয় সমীকরণ হচ্ছে,

$$PV = \frac{1}{3} mNc^2 \text{ বা, } \frac{mN}{V} c^2 = 3P$$

আবার কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের নমুনায় N সংখ্যক অণু থাকলে এবং প্রতি অণুর ভর m হলে mN হচ্ছে সে নমুনা গ্যাসের ভর। গ্যাসের আয়তন V হলে, তখন গ্যাসের ঘনত্ব, $d = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \frac{mN}{V}$

সুতরাং উপরের সমীকরণে $\frac{mN}{V} = d$ বসিয়ে পাই;

$$dc^2 = 3P$$

বা, $c^2 = \frac{3P}{d}$ বা, $c = \sqrt{\frac{3P}{d}} = \sqrt{3P} \times \frac{1}{\sqrt{d}}$

$= K \times \frac{1}{\sqrt{d}}$; এখানে $K = \sqrt{3P}$ = একটি ধ্রুবক, যখন P স্থির। $\therefore c \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$

একটি গ্যাসের অণুসমূহের গতিবেগ যত বেশি হবে, কোন সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়ে সে গ্যাসের ব্যাপন হার তত বাড়বে। অর্থাৎ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ব্যাপন হার, $r \propto c$।

$\therefore$ গ্যাসের ব্যাপন হার, $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$; যখন গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রা স্থির থাকে।

**এটিই গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক রূপ। অতএব গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র উপপাদন করা হল।**

**(ঙ) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের উপপাদন ঃ**

মনে করি, নির্দিষ্ট T তাপমাত্রায় A ও B দুটি গ্যাসকে V আয়তনের পৃথক দুটি পাত্রে আবদ্ধ করতে যথাক্রমে $P_1$ ও $P_2$ চাপের প্রয়োজন হয়। আবার পরস্পর বিক্রিয়াহীন এ গ্যাস দুটিকে একই তাপমাত্রায় ও একই V আয়তনে রাখতে P চাপের প্রয়োজন হয়। আংশিক চাপের সংজ্ঞা মতে, $P_1$ ও $P_2$ হল ঐ গ্যাস মিশ্রণে যথাক্রমে A ও B উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ। প্রমাণ করতে হবে যে, $P = P_1 + P_2$.

**মনে করি,** A গ্যাসে প্রতিটি m ভরের N সংখ্যক অণু আছে এবং এদের বর্গমূল গড় বর্গবেগ হল c ; সুতরাং গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা পাই,

$$P_1 V = \frac{1}{3} mNc^2$$

$= \frac{2}{3} N \times \frac{1}{2} mc^2 = \frac{2}{3} N \times (\bar{K}_e)_A$ ; এখানে $(\bar{K}_e)_A$ = A এর প্রতি অণুর গড় গতিশক্তি।

$= \frac{2}{3} (KE)_A$ ; এখানে $(KE)_A$ = A এর N সংখ্যক অণুর মোট গড় গতিশক্তি।

অথবা, $(KE)_A = \frac{3}{2} P_1 V$ ; [বজ্র গুণন করে]

http://pdfcorner.com

অনুরূপভাবে B গ্যাসের জন্য দেখানো যায় যে, $(KE)_B = \frac{3}{2} P_2V$

আবার A ও B গ্যাস দুটির মিশ্রণের বেলায়,

$(KE)_{Total} = \frac{3}{2} PV$

গ্যাস দুটি পরস্পর বিক্রিয়াহীন এবং এদের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট;

$\therefore (KE)_{Total} = (KE)_A + (KE)_B$

$\therefore \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} P_1V + \frac{3}{2} P_2V \quad \therefore \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} V (P_1 + P_2)$

$\therefore P = P_1 + P_2$

**অর্থাৎ গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ–এর উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের যোগফলের সমান। এটিই ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র। অতএব, গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র উপপাদন করা হল।**

## ১.৩০। গ্যাসের অণুর গতিবেগ হিসাবকরণ
## Calculation of Molecular Velocities of Gases

গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা নিম্নরূপ গতীয় সমীকরণ পাই,

$$\frac{1}{3} mNc^2 = PV \; ; \quad \text{বা, } c^2 = \frac{3PV}{mN};$$

এখানে m = ১টি অণুর ভর এবং N = মোট অণুর সংখ্যা।

সুতরাং mN = গৃহীত গ্যাসের ভর।

1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $mN_A$ = M গ্রাম, যেখানে M = গ্যাসের আণবিক ভর।

আবার 1 মোল গ্যাসের জন্য $PV = RT$। $\therefore c^2 = \frac{3RT}{M}$; বা, $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ (১.৪১)

যদিও এক মোল গ্যাসের জন্য এ গতিবেগ হিসাব কষা হয়েছে, তা যে কোন পরিমাণ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য। এ সমীকরণ হতে একটি বিষয় স্পষ্ট হয় যে, কোন গ্যাসের অণুসমূহের বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ গ্যাসের আয়তন বা চাপের উপর নির্ভরশীল নয়; তা শুধুমাত্র তাপমাত্রা ও গ্যাসের আণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল।

**গ্যাস অণুসমূহের বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ পরম তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক এবং গ্যাসের আণবিক ভরের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।**

**উদাহরণ ৩৭। 21°C তাপমাত্রায় এবং 720 mm (Hg) চাপে $CO_2$ অণুর বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ (r.m.s. বেগ) নির্ণয় কর।** [ঢা. বো. ২০১০]

**সমাধান ঃ** যে কোন গ্যাসের জন্য, R এর একক $Jmol^{-1}K^{-1}$, তাপমাত্রার একক K এবং আণবিক ভরের একক $kgmol^{-1}$ হবে। তখন c এর মান $ms^{-1}$ হবে।

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

$$\therefore c = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 294 \text{ K}}{44 \times 10^{-3} \text{ kgmol}^{-1}}}$$

$$= \sqrt{16.666 \times 10^4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}}$$

$$= 408.24 \text{ ms}^{-1}$$ **(উত্তর)**।

এখানে $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

$T = (21 + 273) = 294 \text{ K}$

$M = 44 \text{ gmol}^{-1} = 44 \times 10^{-3} \text{ kgmol}^{-1}$

[ $\because CO_2$ এর আণবিক ভর = 44 ]

[ $\because 1J = 1N.m = 1kgms^{-2}.m = 1kgm^2s^{-2}$ ]

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩৮। S.T.P-তে একটি গ্যাসের ঘনত্ব 1.25 $gL^{-1}$; 27°C তাপমাত্রায় এবং 700 mm (Hg) চাপে গ্যাসটির অণুসমূহের বর্গমূল গড়–বর্গবেগ (r.m.s. বেগ) নির্ণয় কর।** [কু. বো. ২০০২]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, S.T.P তে 1 L গ্যাসের ভর = 1.25 g [∴ STP তে গ্যাসের ঘনত্ব = 1.25 $gL^{-1}$]

∴ S.T.P-তে 22.4 L গ্যাসের ভর = $1.25 \times 22.4 = 28$ g = 1 mol

∴ গ্যাসটির আণবিক ভর = 28;

গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে আমরা জানি,

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

$$\therefore c = \sqrt{\frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times 300\ K}{28 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}}}$$

$$= \sqrt{26.72 \times 10^4}\ ms^{-1}$$

$$= 5.169 \times 10^2\ ms^{-1}$$ **(উত্তর)।**

এখানে, $R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T = (273 + 27)\ K = 300\ K$

$M = 28\ gmol^{-1} = 28 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}$

**উদাহরণ ৩৯। 25°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের ঘনত্ব 1.75 g/L হলে ঐ তাপমাত্রায় গ্যাসটির অণুসমূহের r. m. s. বেগ নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** 25°C তাপমাত্রায় বা SATP-তে গ্যাসের মোলার আয়তন হয় 24.789 L এবং প্রশ্নমতে গ্যাসটির ঘনত্ব 1.75 g/L সুতরাং গ্যাসটির 1 mol বা গ্রাম আণবিক ভর = $1.75 \times 24.789$ g = 43.38 g.

কোন গ্যাসের r. m. s. বেগ, $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$,

$$\therefore c = \sqrt{\frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times 298}{43.38 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}}}$$

∴ $c = 413.932\ ms^{-1}$ **(উত্তর)।**

এখানে, $R = 8{:}314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T = (25 + 273)\ K = 298\ K$

$M = 43.38 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}$

**উদাহরণ ৪০। 0°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের r.m.s. বেগ 49330 $cms^{-1}$ হলে গ্যাসটির আণবিক ভর কত?** [ঢা. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** কোন গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

বা, $c^2 = \frac{3RT}{M}$

$$M = \frac{3RT}{c^2}$$

$$\therefore M = \frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times 273\ K}{(493.3\ ms^{-1})^2}$$

$$= \frac{3 \times 8.314 \times 273 \times kgms^{-2} \times m \times K^{-1}mol^{-1} \times K}{243344.89\ m^2s^{-2}}$$ [∴ 1 J = 1N.m = $kgms^{-2}$. m]

$$= 0.027981545\ kgmol^{-1}$$

∴ যৌগটির কি. গ্রাম আণবিক ভর = $0.027981545\ kgmol^{-1}$

অর্থাৎ গ্রাম আণবিক ভর = $0.027981545 \times 10^3\ gmol^{-1} = 27.98\ gmol^{-1}$ (প্রায়)

∴ নির্ণেয় আণবিক ভর = 27.98 (প্রায়) **(উত্তর)।**

এখানে, r.m.s বেগ, $c = 49330\ cms^{-1}$

$= 493.3\ ms^{-1}$

মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

গ্যাসের তাপমাত্রা, T = 273 K

কি. গ্রামে আ. ভর, M = ? ($kgmol^{-1}$)

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৪১। কত তাপমাত্রায় $CO_2$ এর বর্গমূল গড় বর্গবেগ, 20°C বা 298 K তাপমাত্রায় $Cl_2$ এর বর্গমূল গড় বর্গবেগের সমান হবে?** [কু. বো. ২০০৭]

**সমাধান ঃ**

কোন গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

ক্লোরিন গ্যাসের বেলায়;

$$c_1 = \sqrt{\frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times 293\ K}{71 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}}}$$

$$= 320.826\ msec^{-1}$$

আবার $CO_2$ গ্যাসের বেলায়;

$$c_2 = \sqrt{\frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times T_2K}{44 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}}}$$

$$\therefore 320.826\ msec^{-1} = \sqrt{566.8636\ m^2sec^{-2}\ T_2}$$

$$\therefore (320.826\ msec^{-1})^2 = 566.8636\ m^2sec^{-2} \times T_2$$

বা, $102929.32\ m^2sec^{-2} = 566.8636\ m^2sec^{-2}\ T_2$

$$\therefore T_2 = \frac{102929.32}{566.8636} = 181.57\ K$$

$\therefore$ নির্ণেয় তাপমাত্রা $= (181.57 - 273)^\circ C = -91.43^\circ C$

প্রশ্নমতে, $Cl_2$ এর বেলায়;

$R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T_1 = (20 + 273)\ K = 293\ K$

$M_1 = 71 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}$

$c_1 = ?$

$CO_2$ গ্যাসের বেলায়;

$T_2 = ?$

$M_2 = 44 \times 10^{-3}\ kgmol^{-1}$

$c_2 = c_1$

**উত্তর ঃ** $-91.43^\circ C$ তাপমাত্রায় $CO_2$ গ্যাসের r.m.s. বেগ 20°C তাপমাত্রায় $Cl_2$ এর r.m.s. বেগের সমান।

## ১.৩১। গ্যাসীয় অণুর গতিশক্তি হিসাবকরণ

**Calculation of Kinetic Energy of Gas Molecules**

গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা নিম্নোক্ত গতীয় সমীকরণ পাই,

$$\frac{1}{3}mNc^2 = PV \text{ বা, } \frac{2}{3} \times N \times \frac{1}{2}mc^2 = PV \text{ বা, } N \times \frac{1}{2}mc^2 = \frac{3}{2}PV$$

আবার $\frac{1}{2}mc^2 =$ একটি অণুর গড় গতিশক্তি।

এক মোল গ্যাসের জন্য $N_A$ = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা; এবং $PV = RT$

সুতরাং উপরের সমীকরণকে এক মোল গ্যাসের জন্য লেখা যায়,

$$N_A \times \text{একটি অণুর গড় গতিশক্তি} = \frac{3}{2}RT$$

$\therefore$ এক মোল গ্যাসের অণুসমূহের মোট গতিশক্তি $= \frac{3}{2}RT$



http://pdfcorner.com

∴ n মোল গ্যাসের মোট গতিশক্তি $= \frac{3nRT}{2}$ (১)

আবার একটি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{3RT}{2N_A}$ (২)

সমীকরণ (১) ও (২) হতে স্পষ্ট যে, গ্যাসীয় অণুর গতিশক্তি গ্যাসের প্রকৃতি, আয়তন বা চাপের উপর নির্ভর করে না, শুধুমাত্র তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল এবং তা পরম তাপমাত্রার সাথে সমানুপাতিক।

**উদাহরণ ৪২। 25° C তাপমাত্রায় একটি $CO_2$ অণুর গড় গতিশক্তি বের কর।** [চ. বো. ২০০৬]

**সমাধান ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা জানি,

যেকোন গ্যাসের ১টি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{3RT}{2N_A}$; এখানে $R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T = (273 + 25)\ K = 298\ K$

$N_A = 6.022 \times 10^{23}\ molecules\ mol^{-1}$

∴ $CO_2$ এর একটি অণুর গতিশক্তি $= \frac{3 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1} \times 298\ K}{2 \times 6.022 \times 10^{23}\ molecules\ mol^{-1}}$

$= 6.17 \times 10^{-21}\ J\ molecule^{-1}$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ৪৩। 25° C তাপমাত্রায় 1g $CO_2$ গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তি বের কর।**

**সমাধান ঃ** $CO_2$ আণবিক ভর = 44;

∴ $44g\ CO_2 = 1\ mol\ CO_2$

∴ $1g\ CO_2 = \frac{1}{44}\ mol\ CO_2$

গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা জানি,

n mol গ্যাসের অণুসমূহের মোট গতিশক্তি $= \frac{3}{2}\ nRT$

∴ $\frac{1}{44}$ mol $CO_2$ এর অণুসমূহের গতিশক্তি $= \frac{3}{2} \times \frac{1\ mol\ RT}{44}$

∴ নির্ণেয় গতিশক্তি $= \frac{3}{2} \times \frac{1\ mol}{44} \times \frac{8.314\ JK^{-1}mol^{-1}\ 298\ K}{}$

$= 84.46\ J$ **(উত্তর)।**

এখানে $R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T = (273 + 25)\ K = 298\ K$

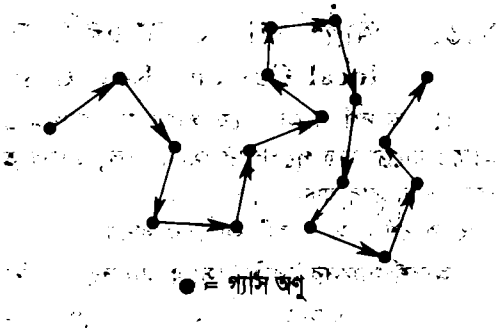
## ১.৩২। গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগ সংক্রান্ত কিছু পর্যালোচনা

### Some discussion about velocity of Gas molecules

ইতোপূর্বে কষা কয়েকটি উদাহরণ থেকে আমরা দেখেছি যে, গ্যাসের অণুসমূহ খুবই দ্রুতগতিতে ধাবমান। হাইড্রোজেনের আণবিক ভর সবচেয়ে কম হওয়ায় এর অণুসমূহের গতিবেগ সবচেয়ে বেশি। হাইড্রোজেন অণুর বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ 25°C বা কক্ষতাপমাত্রায় সেকেন্ডে প্রায় $1.9 \times 10^3$ m (উদাহরণ–৩৬ দ্রষ্টব্য) বা প্রায় 2 Km। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন গ্যাসের অণুসমূহের বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ সেকেন্ডে প্রায় 500 m। অনেক অণুর গতিবেগ এ মান অপেক্ষা বেশি, কিছু অণুর বেগ অনেক বেশি; আবার কিছু অণুর বেগ এ মান অপেক্ষা কম।

http://pdfcorner.com

গ্যাস অণুসমূহের এ প্রচণ্ড গতির কারণে কোন গ্যাসকে পাত্রের তলদেশে রাখলেও তা পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ শক্তির বিরুদ্ধে কাজ করে পাত্রের সর্বত্র ছড়িয়ে পড়ে। অপরদিকে সাধারণ অবস্থায় গ্যাস অণুসমূহ এত দ্রুত একস্থান হতে অন্যস্থানে যেতে পারে না। কেননা, প্রতিটি গ্যাস অণু তার গতিপথে অসংখ্য সংঘর্ষের সম্মুখীন হয়। ফলে তার গতির দিক বার বার পরিবর্তিত হয়। এদের গতিপথ অত্যন্ত আঁকাবাঁকা ধরনের এবং প্রকৃত স্থানান্তরের তুলনায় অনেক বেশি। এ কারণে ঘরের এক স্থানে কোন সুগন্ধি গ্যাস ছেড়ে দিলে তা ঘরের আরেক প্রান্তে পৌঁছাতে কিছুটা সময় নেয়।




চিত্র ১.১০ ঃ একটি গ্যাস অণুর গতিপথের ধরন।

বাতাসের গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগ খুব বেশি হলেও, তা পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণকে সম্পূর্ণরূপে অতিক্রম করে পৃথিবীর আওতার বাইরে যেতে পারে না। চাঁদের মহাকর্ষ পৃথিবীর তুলনায় প্রায় ষষ্ঠাংশ। সুতরাং চাঁদ বাতাসের গ্যাস অণুসমূহকে ধরে রাখতে পারে না। ফলে চাঁদে কোন বায়ুমণ্ডল নেই।

## ১.৩৩। গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগের বিতরণ
## Distribution of Velocities of Gas Molecules

যে কোন গ্যাসের সব অণু একই বেগে ধাবমান নয়। কারণ প্রতিনিয়তই তাদের মধ্যে সংঘর্ষ হয়, ফলে প্রতিটি অণুর ভরবেগের পরিবর্তন হয়। যেহেতু যে কোন নমুনায় অনেক সংখ্যক অণু বিদ্যমান, একটি নির্দিষ্ট অণুর গতিবেগ প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হলেও সামগ্রিকভাবে এক একটি বিশেষ গতিবেগ বিশিষ্ট অণুর সংখ্যা সর্বদা প্রায় সমান থাকে।

১৮৬০ খ্রিস্টাব্দে জে.সি. ম্যাক্সওয়েল (J.C. Maxwell) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সম্ভাবনা তত্ত্বের ভিত্তিতে অণুগুলোর কত অংশের বেগ কত হবে, তা হিসাব করেন। **ম্যাক্সওয়েলের সম্ভাবনা তত্ত্বের সমীকরণ থেকে প্রাপ্ত ফলাফলসমূহ নিম্নরূপ ঃ**

(১) যেকোন মুহূর্তে অতি নগণ্য সংখ্যক অণু গতিহীন বা অত্যন্ত কম গতিসম্পন্ন হয়।

(২) যেকোন মুহূর্তে অত্যন্ত উচ্চ গতিসম্পন্ন অণুর সংখ্যা নগণ্য।

(৩) যেকোন মুহূর্তে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক অণু একটি বিশেষ বেগ বা সম্ভাব্যতম বেগ লাভ করে।

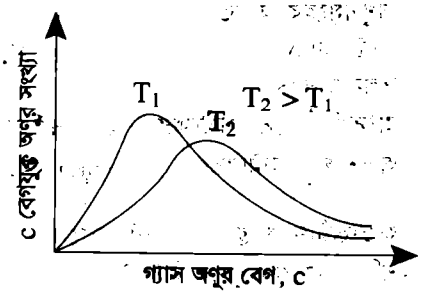
(৪) সম্ভাব্যতম বেগ হতে যতই কম বেগের দিকে অথবা যতই বেশি বেগের দিকে যাওয়া যায়, ততই সে গতি বিশিষ্ট অণুর সংখ্যা দ্রুত হ্রাস পেতে থাকে।

(৫) গ্যাস অণুসমূহের কত অংশের বেগ কত হবে, সে বণ্টন–বেগ তাপমাত্রা ও গ্যাসের আণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল।

**ম্যাক্সওয়েলের বেগ বণ্টনের সূত্রকে** লেখচিত্রাকারে প্রকাশ করলে চিত্র ১.১১ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়।

এ লেখচিত্রে যে বিন্দুটি শীর্ষে অবস্থান করে, তাই সম্ভাব্যতম বেগ নির্দেশ করে। সম্ভাব্যতম বেগ বিভিন্ন গ্যাসের জন্য বিভিন্ন হয় এবং একই গ্যাসের জন্য বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন হয়।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অণুসমূহের গড় গতিবেগ বৃদ্ধি পায়; অপরদিকে গ্যাস অণুসমূহের মধ্যে গতিবেগের তারতম্য হ্রাস পায়। ফলে নিম্নতর তাপমাত্রায় লেখচিত্রটি যত খাড়া থাকে, উচ্চতর তাপমাত্রায় তা অপেক্ষা কম খাড়া ও অধিক বিস্তার সম্পন্ন হয়। এর অর্থ হল– (১) তাপমাত্রার বৃদ্ধির সাথে সম্ভাব্যতম বেগ অধিকতর বিস্তার সহযোগে বৃদ্ধি পায়। (২) লেখের মধ্যবর্তী এলাকার ক্ষেত্রফল স্থির থাকে; যা দ্বারা সর্বমোট অণুর সংখ্যা বোঝায়। (৩) উল্লেখ্য লেখটি সব সময় মূলবিন্দু থেকে শুরু হয়।




চিত্র ১.১১ ঃ ম্যাক্সওয়েলের গ্যাস অণুসমূহ গতিবেগের বিতরণ লেখচিত্র।

http://pdfcorner.com

## ১.৩৪। আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস
### Ideal Gas and Real Gases

(১) **আদর্শ গ্যাস ঃ যে গ্যাস সব তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসসূত্রসমূহ, যথা বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো সূত্র পুরোপুরি মেনে চলে, তাকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়।** যখন কোন গ্যাস গ্যাসীয় সূত্রসমূহ মেনে চলে, তখন তার আচরণ $PV = nRT$ সমীকরণ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। বাস্তবে কোন গ্যাসই আদর্শভাবে আচরণ করে না এবং 'আদর্শ গ্যাস' একটি কাল্পনিক ধারণা মাত্র।

**আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্যসূচক মানদণ্ড** দুটি নিম্নরূপ ঃ

(১) আদর্শ গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।

(২) স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ $\left(\frac{\delta u}{\delta V}\right)_T = 0$

এখানে, $u$ = গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি, $V$ = গ্যাসের আয়তন এবং $T$ = কেলভিন তাপমাত্রা বোঝায়।

**(২) বাস্তব গ্যাস বা অনাদর্শ গ্যাস ঃ বাস্তবে যে সব গ্যাস পাওয়া যায়, তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলা হয়।** বাস্তব গ্যাসসমূহ সব তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে না। বাস্তব গ্যাসকে অনাদর্শ গ্যাসও বলা হয়। যেমন, $N_2$, $O_2$, $H_2$, $CO_2$ প্রভৃতি।

**বাস্তব গ্যাসের বৈশিষ্ট্য ঃ** (১) বাস্তব গ্যাসগুলো পুরোপুরিভাবে গ্যাসীয় সমীকরণ $PV = nRT$ মেনে চলে না।

(২) নিম্নচাপে যেমন 1atm চাপ বা তার নিচে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসসমূহ মোটামুটি আদর্শ আচরণ করে।

(৩) চাপ যতই নিম্ন এবং তাপমাত্রা যতই উচ্চ হয়, বাস্তব গ্যাসসমূহের আচরণ ততই আদর্শ গ্যাসের ন্যায় হয়। কিন্তু উচ্চচাপ ও নিম্নতাপমাত্রায় আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের যথেষ্ট বিচ্যুতি ঘটে।

(৪) বাস্তব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য হল ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণ; যেমন, $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ [অনুচ্ছেদ ১.৩৬ দ্রষ্টব্য]

### ১.৩৪.১। আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের পার্থক্য
### Differences between Ideal gas Real gas

| আদর্শ গ্যাস | বাস্তব গ্যাস |
|---|---|
| ১। **সংজ্ঞা ঃ** যে সব গ্যাস সব অবস্থায় বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে। আদর্শ গ্যাস একটি কাল্পনিক ধারণা। | ১। যে সব গ্যাস বাস্তবে পাওয়া যায় এবং গ্যাস সূত্রসমূহ সঠিকভাবে মেনে চলে না তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলে। যেমন $H_2$, $O_2$, $N_2$, $CO_2$ ইত্যাদি। |
| ২। **আণবিক আকর্ষণ ঃ** আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ নেই। | ২। বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বিকর্ষণ বল বিদ্যমান। |
| ৩। **অণুসমূহের আয়তন ঃ** আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মোট আয়তন গ্যাস দ্বারা দখলকৃত আয়তনের তুলনায় নগন্য। | ৩। বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের মোট আয়তন গ্যাস দ্বারা দখলকৃত আয়তনের তুলনায় নগন্য নয়। |
| ৪। **আদর্শ গ্যাস সমীকরণ ঃ** আদর্শ গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ ঃ $PV = nRT$ মেনে চলে। | ৪। বাস্তব গ্যাস ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণ ঃ $\left(P + \frac{n^2a}{V_2}\right)(V - nb) = nRT$ মেনে চলে। |
| ৫। **অভ্যন্তরীণ শক্তি ঃ** আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ $\left(\frac{\delta u}{\delta V}\right)_T = 0$ | ৫। বাস্তব গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি গ্যাসের আয়তনের উপর নির্ভরশীল। |

http://pdfcorner.com

## ১.৩৫। বাস্তব গ্যাসসহ অ্যামাগা'র পরীক্ষা
### Amagat's Experiment with Real Gases

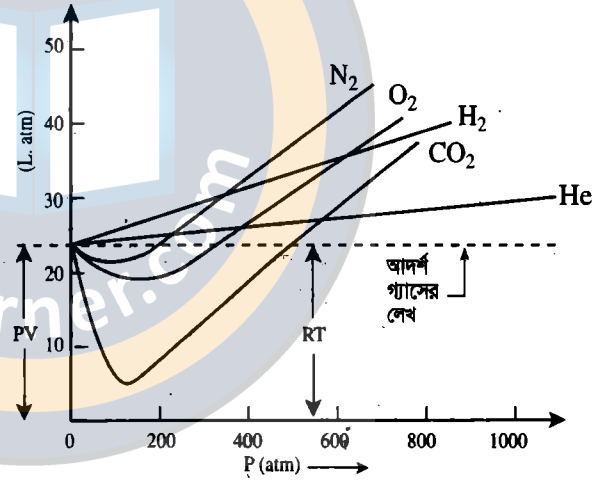
১৮৮০ খ্রিস্টাব্দে ফরাসি বিজ্ঞানী অ্যামাগা (Amagat, প্রকৃত উচ্চারণ অ্যামাগা) স্থির তাপমাত্রায় বিভিন্ন চাপে গ্যাসের আয়তন মেপে লেখচিত্রে PV এর বিপরীতে P এর মান বসিয়ে প্রাপ্ত লেখচিত্রে লক্ষ করেন যে, বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুত হয় অর্থাৎ PV = nRT সমীকরণ মেনে চলে না। যদি কোন গ্যাস আদর্শ আচরণ করে, তবে স্থির তাপমাত্রায় PV এর মান ধ্রুব থাকত, অর্থাৎ P অক্ষের সমান্তরাল একটি সরলরেখা পাওয়া যেত। স্থির তাপমাত্রায় PV বনাম P রেখাকে **অ্যামাগা রেখা** (Amagat's curve) বলা হয়। অ্যামাগা প্রধানত দু'ধরনের রেখা পান। যেমন;

(১) প্রথম ধরনের রেখা **সাধারণ তাপমাত্রায়** $H_2$, He প্রভৃতি গ্যাসের ক্ষেত্রে পাওয়া যায়। এ সব গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে PV এর মান ক্রমাগত বাড়ে অর্থাৎ PV এর মান আদর্শ গ্যাস-এর প্রত্যাশিত মান অপেক্ষা বেশি হয়। এদের বেলায় পেষণ-মাত্রা কম থাকে।

(২) আবার $O_2$, $N_2$, $CO_2$ প্রভৃতি গ্যাসের ক্ষেত্রে দ্বিতীয় ধরনের রেখা পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে প্রথমে PV এর মান আদর্শ মান হতে ক্রমাগত কমতে থাকে এবং এক সময় তা একটি ন্যূনতম মানে পৌঁছে, তারপর চাপ বৃদ্ধির সাথে বাড়তে থাকে এবং আদর্শ মান অপেক্ষা বেশি হয়। এদের বেলায় চাপ বৃদ্ধির সাথে প্রথম দিকে পেষণ-মাত্রা বেশি থাকে। PV এর মান ন্যূনতম হওয়ার পর পেষণ-মাত্রা ধীরে ধীরে হ্রাস পায়।

**তাপমাত্রার প্রভাব ঃ** $H_2$, He প্রভৃতি প্রথম ধরনের গ্যাসের ক্ষেত্রে **তাপমাত্রা কমাতে থাকলে** তাদের রেখা পরিবর্তিত হতে থাকে এবং অবশেষে এ সব গ্যাসের ক্ষেত্রেও রেখাটি দ্বিতীয় ধরনের হয়। আবার **যথেষ্ট উচ্চ তাপমাত্রায়** $N_2$, $O_2$, $CO_2$ প্রভৃতি দ্বিতীয় ধরনের গ্যাসের রেখা প্রথম ধরনের রেখার অনুরূপ হয়। এ থেকে নিম্নরূপ সিদ্ধান্ত করা যায়।

**সিদ্ধান্তসমূহ ঃ** (১) আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির প্রকার গ্যাসের প্রকৃতির উপর নয়, বরং **তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে**। (২) সাধারণভাবে গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ যত বেশি হয় এবং গ্যাসের তাপমাত্রা তার ক্রান্তি তাপমাত্রার যত নিকটে হয়, আদর্শ আচরণ হতে তত বেশি বিচ্যুতি ঘটে। **ন্যূনতম যে তাপমাত্রার উপরে কোন গ্যাসকে যথেষ্ট চাপ প্রয়োগ করেও তরল করা যায় না, তাকে সে গ্যাসের ক্রান্তি তাপমাত্রা (critical temperature) বলা হয়।**




চিত্র ১.১২ ঃ অ্যামাগা'র লেখচিত্র; আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতি।
[ 0° C তাপমাত্রায় 1 mole গ্যাসের PV বনাম P লেখচিত্র ]

## ১.৩৫.১। বাস্তব গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্ক ও আদর্শ আচরণ
### Compressibility factor & Ideal behaviour of Real Gases

অ্যামাগার পরীক্ষার সিদ্ধান্ত থেকে জানা যায় যে, বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ থেকে বেশ বিচ্যুতি দেখায়। আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির ব্যাখ্যা পেষণ-গুণাঙ্ক (Z) দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়। পেষণ-গুণাঙ্ক (Z) আদর্শ গ্যাস সমীকরণের সাথে নিম্নরূপে সম্পর্কিত ঃ

$$PV = Z \times nRT \quad \therefore \text{ পেষণ-গুণাঙ্ক, } Z = \frac{PV}{nRT}$$

(i) এক মোল আদর্শ-গ্যাসের বেলায়, $Z = 1$ হয়; Z এর মান P ও T এর উপর নির্ভরশীল। Z এর মান 1 হতে যত বেশি বা কম হবে, বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ আচরণ থেকে ততই বিচ্যুত হবে।

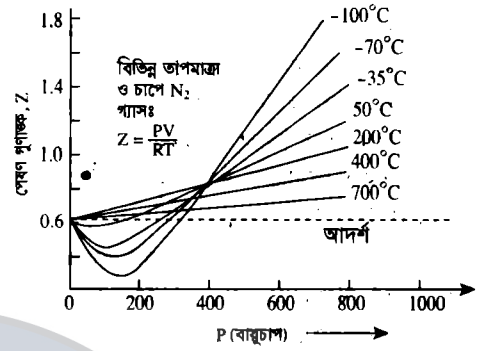
http://pdfcorner.com

(ii) যখন $Z > 1$ হয়; তখন গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা কম পেষণ যোগ্য হয়। যেমন $H_2$, He, $N_2$ ইত্যাদি।

(iii) যখন $Z < 1$ হয়, তখন গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা বেশি পেষণ যোগ্য হয়। যেমন $CO_2$, $O_2$ ইত্যাদি। এ সব গ্যাস পানিতে অধিক দ্রবণীয়।

(iv) $N_2$ গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্ক, Z বনাম চাপ (P) লেখচিত্র থেকে জানা যায়; শূন্য চাপের নিকটে $Z = 1$ হয়; অর্থাৎ অতি নিম্নচাপে সব বাস্তব গ্যাস আদর্শ আচরণ করে।

(v) আবার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে $N_2$ লেখের বক্রতা হ্রাস পেয়ে লেখগুলো আদর্শ গ্যাসের লেখের নিকটবর্তী হতে থাকে। $N_2$ গ্যাসের বেলায় 700°C এ পেষণ গুণাঙ্ক বনাম চাপের লেখটি আদর্শ লেখের অতি নিকটবর্তী হয়। যে তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ আচরণ করে, তাকে **বয়েলের তাপমাত্রা** (Boyle's temp.) বলা হয়।




চিত্র ১.১৩ ঃ তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে $N_2$ গ্যাসের আদর্শ আচরণ প্রদর্শন।

## ১.৩৬। আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণ
## Causes of Deviation of Real Gases from Ideal Behaviour

ওলন্দাজ বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস্ (Van der Waals) সর্বপ্রথম মত প্রকাশ করেন যে, গ্যাসের গতিতত্ত্বে যে সকল স্বীকার্যের উপর ভিত্তি করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিপন্ন করা হয়েছে, তাতে দুটি ত্রুটি আছে; যে কারণে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মেনে চলে না অর্থাৎ আদর্শ আচরণ করে না। তাই বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস্ বাস্তব গ্যাসের জন্য আদর্শ গ্যাসের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ ব্যাখ্যাসহ সংশোধন করেন।

**প্রথম ত্রুটি সংশোধন বা গ্যাসের আয়তন সংশোধন ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্বে একটি স্বীকার্য হচ্ছে, **গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন গ্যাস আধারের আয়তনের তুলনায় নগণ্য।** কিন্তু বাস্তবিক ক্ষেত্রে তা পুরোপুরি সঠিক নয়। যে কোন গ্যাসকে নিম্নতাপমাত্রা ও উচ্চচাপে তরল এবং কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। তরল এবং কঠিন উভয় অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পরের খুব সন্নিকটে থাকে; তা সত্ত্বেও তরল ও কঠিন বস্তুর একটি আয়তন আছে, যা একেবারে নগণ্য নয়। তরল ও কঠিন পদার্থকে যথেষ্ট চাপ দিয়ে আর বেশি সংকোচন করা যায় না। এসব থেকে বোঝা যায় যে, গ্যাসের অণুসমূহের একটি আয়তন আছে, যা একেবারে নগণ্য নয়।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণে গ্যাস অণুসমূহের মুক্ত চলাচলের জন্য আয়তন V ধরা হয়েছে। বাস্তবিকপক্ষে তা সঠিক নয়। এক মোল বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের কার্যকর নিজস্ব আয়তন b হলে n মোল গ্যাসের জন্য V থেকে nb বাদ দিতে হবে। অর্থাৎ গ্যাস অণুসমূহের জন্য মুক্ত স্থান $= (V - nb)$ হয়।

**দ্বিতীয় ত্রুটি সংশোধন বা গ্যাসের চাপ সংশোধন ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্বের আরেকটি স্বীকার্য হচ্ছে, **অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ নেই।** এ ধারণাও সঠিক নয়। গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ না থাকলে গ্যাসকে তরল বা কঠিন পদার্থে পরিণত করা যেত না এবং কঠিন ও তরল কোন পদার্থের অস্তিত্ব থাকত না। এছাড়া জুল–থমসনের পরীক্ষা থেকে অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণের অস্তিত্বের সরাসরি প্রমাণ পাওয়া যায়। এ আকর্ষণ না থাকলে আদর্শ অবস্থায় গ্যাসের অণুসমূহ পাত্রের গায়ে যে পরিমাণ চাপ প্রয়োগ করতো, বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে এ আন্তঃআণবিক আকর্ষণের কারণে তা অপেক্ষা কিছু কম চাপ প্রয়োগ করে। অর্থাৎ **বাস্তব গ্যাস যে চাপ প্রয়োগ করে, তা একই অবস্থায় গ্যাসটি আদর্শ হলে যে চাপ প্রয়োগ করতো, তার চেয়ে কম।** তাই বাস্তব গ্যাসের বেলায় চাপ P এর পরিবর্তে (P + আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল) হবে। ভ্যানডার ওয়ালস্ দেখান যে, n মোল গ্যাসের জন্য আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের মান $\frac{n^2a}{V^2}$ এর সমান; এখানে a একটি ধ্রুবক। সুতরাং বাস্তব গ্যাসের চাপ হবে $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)$।

http://pdfcorner.com

বাস্তব গ্যাসের বেলায় গ্যাসের নিজস্ব আয়তন ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণজনিত চাপ সম্পর্কীয় উভয় বিচ্যুতির হিসাব করে বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস্ PV = nRT সমীকরণে প্রয়োজনীয় সংশোধন এনে যে সমীকরণ উপস্থাপন করেন, তা **ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণ** নামে পরিচিত। সুতরাং **বাস্তব গ্যাসের অবস্থার সমীকরণটি** নিম্নরূপ ঃ

$$\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT;$$ [1 mol গ্যাসের জন্য এ সমীকরণে n = 1 ধরতে হবে।]

এক মোল গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়—

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

**উদাহরণ ৪৪। 32 g অক্সিজেন গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণটি লেখ।** [ঢা. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** অক্সিজেন গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর হল 32 g। সুতরাং 32 g অক্সিজেন = 1 mol অক্সিজেন।

ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণটি নিম্নরূপ ঃ

$$\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT,$$ এখানে n = গ্যাসের মোল সংখ্যা।

1 mol অক্সিজেন গ্যাসের জন্য এ সমীকরণে n = 1 বসিয়ে পাই,

$$\left(P + \frac{(1)^2.a}{V^2}\right)(V - 1 \times b) = 1 \times RT$$

বা, $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$

এটিই 1 মোল অক্সিজেন বা 32 g অক্সিজেনের জন্য ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণ।

## (ক) বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ গ্যাসের মত আচরণ–শর্ত
## (Conditions for Ideal behaviour of real gases)

(i) গ্যাসের তাপমাত্রা যত বেশি হয় এবং চাপ যত কম হয়, গ্যাসের আয়তন তত বেশি হয়। গ্যাসের আয়তন যত বেশি হয়, তার তুলনায় গ্যাস অণুসমূহের আয়তন তত নগণ্য হয়। সুতরাং **গ্যাসের গতিতত্ত্বের প্রথম ত্রুটি** দূর হয়।

দ্বিতীয়ত গ্যাসের আয়তন যত বেশি হয়, অণুসমূহের মধ্যকার গড় দূরত্ব তত বেশি হয়, ফলে তাদের মধ্যে গড় আকর্ষণ তত কম হয়। সুতরাং **গ্যাসের গতিতত্ত্বের দ্বিতীয় ত্রুটিও** কার্যকরভাবে দূর হয়।

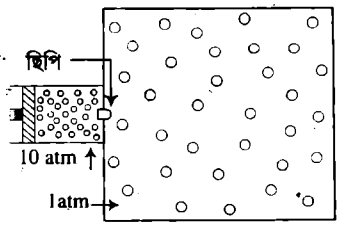
এ কারণে যতই উচ্চতাপমাত্রা এবং নিম্নচাপ ব্যবহৃত হয়, ততই বাস্তব গ্যাসের আচরণ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় হয়।

(ii) যে উচ্চ তাপমাত্রার উর্ধে কোন বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মত আচরণ করে এবং গ্যাস সূত্রসমূহ মেনে চলে, ঐ তাপমাত্রাকে **'বয়েলের তাপমাত্রা'** বলা হয়।

## (খ) জুল-থমসন পরীক্ষা (Joule-Thomson Experiment)

বিজ্ঞানী জুল ও থমসন ১৮৫২–৬২ খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত বিভিন্ন পরীক্ষা–নিরীক্ষা হতে লক্ষ করেন যে, **কোন গ্যাসকে উচ্চচাপে সঙ্কুচিত করে হঠাৎ সছিদ্র প্লাগের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করে নিম্নচাপ বিশিষ্ট একটি বিরাট বড় কক্ষে সম্প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটির তাপমাত্রা হ্রাস পায়।** এ প্রক্রিয়াকে **জুল–থমসন প্রভাব** (Joule-Thomson effect) বলা হয়।

**ব্যাখ্যা ঃ** গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ আছে ধরে নিয়ে জুল–থমসন প্রভাব ব্যাখ্যা করা যায়। উচ্চচাপ বিশিষ্ট গ্যাসকে নিম্নচাপ বিশিষ্ট (বা প্রায় শূন্য চাপ বিশিষ্ট) এলাকায় সম্প্রসারিত হতে দিলে একে কোন বাহ্যিক কাজ করতে হয় না। এ **সম্প্রসারণ হঠাৎ** সংঘটিত হওয়ায় কোন তাপ এলাকা হতে বের হতে পারে না, বা ভেতরে প্রবেশ করতে পারে না অর্থাৎ **রুদ্ধতাপীয় গ্যাসীয় সম্প্রসারণ ঘটে।** তা সত্ত্বেও তাপমাত্রা কমার কারণ হচ্ছে অণুসমূহ পূর্বে পরস্পরের যথেষ্ট নিকটে ছিল, সম্প্রসারণের ফলে এগুলো পরস্পর হতে দূরে সরে যায়, তখন তাদের মধ্যকার আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়, এ কাজ করতে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তা গ্যাসটির অভ্যন্তরীণ শক্তি হতে শোষিত হয়, ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা কমে।



চিত্র ১.১৪ ঃ জুল থমসন পরীক্ষা

http://pdfcorner.com

## ১.৩৭। গ্যাস-তরল পরিবর্তন ঃ গ্যাস তরলীকরণ
### Gas-liquid Transformation : Liquefaction of Gases

যেহেতু একই বস্তু গ্যাস ও তরল দু'অবস্থায় থাকতে পারে অর্থাৎ গ্যাসীয় ও তরল একই পদার্থের দুটি ভিন্ন অবস্থা মাত্র, সেহেতু গ্যাসকে তরলে এবং তরল পদার্থকে গ্যাসে রূপান্তর করা যায় এবং এ রূপান্তর একটি ভৌত পরিবর্তন। একইভাবে তরল পদার্থ হতে কঠিন পদার্থে রূপান্তর বা এর বিপরীত প্রক্রিয়াও ভৌত পরিবর্তন। তবে তরল–কঠিন রূপান্তর প্রধানত তাপমাত্রানির্ভর। অপরদিকে **গ্যাস–তরল রূপান্তর তাপমাত্রা ও প্রযুক্ত চাপের উপর বিশেষভাবে নির্ভর করে।** সুতরাং দুটি ভিন্ন উপায়ে গ্যাসকে তরলে রূপান্তর করা যায় ঃ

(১) গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস করে।

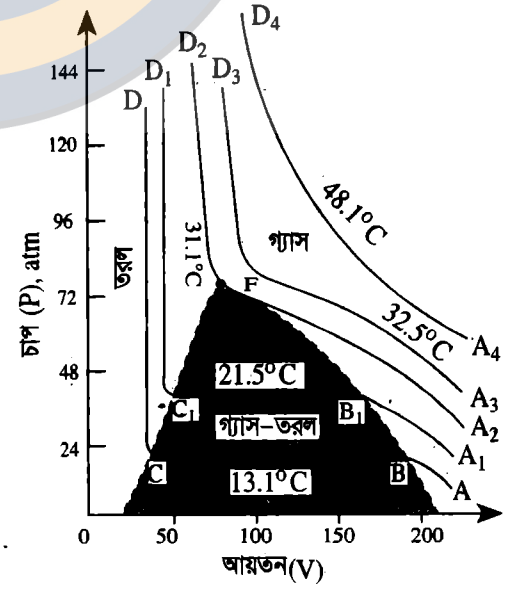
(২) গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করে।

প্রথমদিকে গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করে বিভিন্ন গ্যাসকে তরলে রূপান্তর করতে গিয়ে দেখা যায় যে, অনেক গ্যাস বা বাষ্পকে এভাবে তরলে রূপান্তর করা গেলেও $O_2$, $N_2$, $H_2$ প্রভৃতি কিছু গ্যাসকে প্রচুর চাপ প্রয়োগ করেও তরলে রূপান্তর করা যায়নি। সুতরাং তখন মনে করা হয়েছিল এরা **চিরন্তন গ্যাস** (Permanent gases) এবং এদের তরল অবস্থার অস্তিত্ব নেই। ১৮৬৩ সালে অ্যানড্রুজের পরীক্ষা থেকে বোঝা যায় যে, প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে একটি **ক্রান্তি তাপমাত্রা** আছে, যার উপরে সে পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থাকে প্রচুর চাপ প্রয়োগ করেও তরলে রূপান্তর সম্ভব নয়।

## ১.৩৮। অ্যানড্রুজের পরীক্ষা ঃ গ্যাসের ক্রান্তি তাপমাত্রার ধারণা
### Andrew's Experiment : Concept of Critical temperature

অ্যানড্রুজ $CO_2$ গ্যাসের একটি নমুনা নিয়ে **একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়** তার উপর বিভিন্ন চাপ প্রয়োগ করেন ও এ সময় তার আয়তন লিপিবদ্ধ করেন। পরবর্তীতে পৃথক **স্থির তাপমাত্রায়** একই গ্যাসের উপর বিভিন্ন পরিমাণের চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসের আয়তনসমূহ লিপিবদ্ধ করেন। এসব মান নিয়ে অ্যানড্রুজ লেখচিত্রে বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় চাপ বনাম আয়তন রেখা অঙ্কন করেন (চিত্র ১.১৫)। প্রতিটি রেখা বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্দেশ করে বলে এদেরকে **সমতাপীয় রেখা** (isothermal curves) বলা হয়।

নিম্নতম তাপমাত্রা 13.1° C-এ, নিম্নচাপসমূহে যেমন A বিন্দুতে কার্বন ডাইঅক্সাইড সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয়। চাপ বাড়ালে গ্যাসের আয়তন মোটামুটিভাবে বয়েলের সূত্র অনুসারে কমতে থাকে, যা AB রেখা দ্বারা দেখানো হয়েছে। কিন্তু B বিন্দুতে গ্যাসের তরলে রূপান্তর ঘটতে থাকে এবং আয়তন দ্রুত হ্রাস পায়। C বিন্দুতে সম্পূর্ণ গ্যাস তরলে পরিণত হয়েছে। এর পরের অত্যন্ত খাড়া রেখা CD নির্দেশ করে যে, তরল পদার্থকে অধিক চাপ প্রয়োগেও সহজে সঙ্কুচিত করা যায় না এবং প্রচুর চাপ বৃদ্ধির ফলে তরল পদার্থের আয়তন খুবই কম হ্রাস পায়।



চিত্র ১.১৫ ঃ $CO_2$ গ্যাসের চাপ–আয়তন সমতাপীয় রেখা।

লক্ষণীয় যে, রেখার AB অংশ শুধুমাত্র গ্যাসীয় অবস্থা এবং CD অংশ শুধুমাত্র তরল অবস্থা নির্দেশ করে। পক্ষান্তরে BC রেখা বরাবর গ্যাস ও তরল সহ–অবস্থানে থাকে; কিন্তু যেহেতু BC রেখা আয়তন অক্ষের সমান্তরাল সেহেতু বোঝা যায় যে, গ্যাস ও তরল এ দুটি অবস্থায় পদার্থের পরিমাণ যা হোক না কেন, সহ–অবস্থানে থাকা অবস্থায় চাপ স্থির থাকবে। এ চাপকে ঐ তাপমাত্রায় তরল পদার্থের বাষ্পীয় চাপ বলে। **সুতরাং কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি তরল পদার্থ ও তার**

http://pdfcorner.com

**বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকলে তরলের উপরিস্থিত বাষ্পের যে চাপ থাকে, তাকে ঐ তাপমাত্রায় সে তরল পদার্থের বাষ্পচাপ (vapour pressure) বলা হয়।**

21.5° C তাপমাত্রায় চাপ–আয়তন রেখার প্রকৃতি পূর্বের চাপ–আয়তন রেখার অনুরূপ, শুধু পার্থক্য হচ্ছে যে, যে চাপে তরলীভবন ঘটে তা আগের চেয়ে বেশি এবং যে সমান্তরাল অংশে তরলীভবন ঘটে তার পরিসর ছোট হয়। প্রকৃতপক্ষে তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে যে সমান্তরাল অংশে তরলীভবন ঘটে, তার পরিসর ক্রমশ ছোট হয়, যা ডটযুক্ত বক্ররেখা দ্বারা নির্দেশিত হয়েছে এবং অবশেষে 31.1° C তাপমাত্রায় তা একটি বিন্দুতে পরিণত হয়। 31.1° C তাপমাত্রার উপরে সমান্তরাল BC অংশের কোন অস্তিত্বই দেখা যায় না অর্থাৎ তরলীভবনের কোন চিহ্নই দেখা যায় না। অ্যানড্রুজ দেখতে পান যে, এ তাপমাত্রার উপরে এমনকি 300 – 400 atm চাপ প্রয়োগ করেও কার্বন $CO_2$ কে তরল করা যায় না। যদিও 31.1° C তাপমাত্রার ঠিক নিচে 75 atm চাপে এ গ্যাস সম্পূর্ণরূপে তরলে পরিণত হয়। এ থেকে অ্যানড্রুজ নিম্নরূপ সিদ্ধান্তে পৌছেন।

**সিদ্ধান্তসমূহ ঃ** (১) $CO_2$ এর ক্ষেত্রে তাপমাত্রার একটি সর্বোচ্চ সীমারেখা (অর্থাৎ 31.1° C) আছে; যার উপরে একে তরলে পরিণত করা সম্ভব নয়। পরবর্তীতে অন্যান্য গ্যাসের উপর পরীক্ষা করে দেখা যায় যে, তারাও $CO_2$ এর ন্যায় আচরণ করে। (২) **প্রতিটি গ্যাসের একটি প্রান্তিক সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রা আছে যার উর্ধ্বে গ্যাসটিকে প্রচুর চাপ প্রয়োগ করেও তরল করা সম্ভব নয়। এ তাপমাত্রাকে সে গ্যাসের সন্ধি বা ক্রান্তি তাপমাত্রা বলা হয় এবং** তা শুধুমাত্র গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

অ্যানড্রুজের এ পরীক্ষা থেকে তথাকথিত "চিরন্তন" গ্যাসসমূহের অবস্থাও বোঝা যায়। এ গ্যাসসমূহকে তাদের ক্রান্তি তাপমাত্রার উপরে পরীক্ষা করা হয়েছিল, তাই প্রচুর চাপ প্রয়োগ করেও তাদেরকে তরলে রূপান্তর সম্ভব হয়নি। পরবর্তীতে নিম্নতর তাপমাত্রায় চাপ প্রয়োগ করে তথাকথিত "চিরন্তন" গ্যাসসমূহকেও তরলিত করা হয়েছে।

## ১.৩৯। গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি বা সংকট অবস্থা
## Critical States of Gases

**(ক) গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি বা সংকট তাপমাত্রা ঃ যে তাপমাত্রার উপরে ইচ্ছামত বা যথেচ্ছ চাপ প্রয়োগ করেও কোন গ্যাসীয় পদার্থকে তরলীভূত করা যায় না, অথচ ঐ তাপমাত্রায় ও তার নিচে সে গ্যাসকে প্রয়োজনীয় চাপ প্রয়োগে তরলে রূপান্তরিত করা যায়, তাকে সে গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি তাপমাত্রা বা সংকট তাপমাত্রা (critical temperature) বলা হয়।** গ্যাসের ক্রান্তি বা সংকট তাপমাত্রাকে $T_c$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ $CO_2$ এর ক্রান্তি তাপমাত্রা $T_c$ = 31.1° C বা, 304.2 K অর্থাৎ 31.1° C তাপমাত্রার উপরে যথেচ্ছ চাপ প্রয়োগে একে তরলীভূত করা সম্ভব নয়; অথচ 31.1° C বা, তার নিচের তাপমাত্রায় প্রয়োজনীয় চাপ প্রয়োগে $CO_2$ গ্যাসকে তরলে রূপান্তরিত করা যায়।

**(খ) গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি চাপ ঃ কোন গ্যাসকে তার ক্রান্তি তাপমাত্রায় রেখে তরলিত করতে সর্বনিম্ন যে চাপ প্রয়োগ করতে হয়, তাকে সে গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি চাপ (critical pressure) বলা হয়।** গ্যাসের ক্রান্তিচাপকে $P_c$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন 31.1° C তাপমাত্রায় $CO_2$ গ্যাসকে তরলে পরিণত করতে হলে তার উপর অন্তত 72.9 atm চাপ প্রয়োগ করতে হয়। সুতরাং $CO_2$ এর ক্রান্তি চাপ $P_c$ হচ্ছে 72.9 atm চাপ।

**(গ) গ্যাসের ক্রান্তি বা সন্ধি আয়তন ঃ কোন গ্যাসের ক্রান্তি চাপ ও ক্রান্তি তাপমাত্রায় তার 1 মোল (mole) পরিমাণ আয়তনকে তার ক্রান্তি বা সন্ধি আয়তন বলা হয়।** গ্যাসের ক্রান্তি আয়তনকে $V_c$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ $CO_2$ এর ক্রান্তি আয়তন $V_c$ = 95.65 $mLmol^{-1}$। অর্থাৎ 31.1° C তাপমাত্রায় এবং 72.9 atm চাপে 1 মোল (mole) অর্থাৎ 44 g $CO_2$ এর আয়তন 95.65 mL হয়।

(১) হিলিয়াম (He) এর ক্রান্তি তাপমাত্রা, $T_c$ = – 267.65°C, ক্রান্তিচাপ, $P_c$ = 1.26 atm.

(২) একইভাবে $H_2$ এর ক্রান্তি তাপমাত্রা $T_c$ = – 240° C, ক্রান্তি চাপ $P_c$ = 12.8 atm চাপ এবং ক্রান্তি আয়তন $V_c$ = 64.51 $mLmol^{-1}$।

(৩) অনুরূপভাবে $O_2$ এর ক্রান্তি তাপমাত্রা $T_c$ = 118.80° C, ক্রান্তি চাপ $P_c$ = 49.7 atm চাপ এবং ক্রান্তি আয়তন $V_c$ = 74.42 $mLmol^{-1}$।



http://pdfcorner.com

**ক্রান্তি বা সন্ধি তাপমাত্রার ব্যাখ্যা ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব মতে, সন্ধি বা ক্রান্তি তাপমাত্রা হচ্ছে এমন একটি তাপমাত্রা যার উপরে অণুসমূহের স্থানান্তর গতি এত বেশি হয় যে, চাপ প্রয়োগে অণুসমূহকে পরস্পরের যত নিকটে আনা হোক না কেন, তরলে পরিণত হওয়ার জন্য তার আন্তঃআণবিক বল যথেষ্ট হয় না।

যখন কোন গ্যাসীয় পদার্থের তাপমাত্রা তার ক্রান্তি তাপমাত্রার নিচে থাকে, তখন তাকে সাধারণত বাষ্প (vapour) হিসেবে উল্লেখ করা হয়। সুতরাং বাষ্পকে চাপ প্রয়োগ করেই তরলে পরিণত করা যায়।

## ১.৩৯.১। গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য
### Differences Between Gas and Vapour

গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য নিচের সারণিতে দেখানো হল ঃ

| পার্থক্য সূচক | গ্যাস (gas) | বাষ্প (vapour) |
|---|---|---|
| ১। সংজ্ঞা ঃ | ১। কক্ষতাপমাত্রায় অর্থাৎ 25°C এ যে পদার্থের অণুসমূহের স্থানান্তর গতি তাদের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের তুলনায় বেশি থাকে, তাকে গ্যাসীয় পদার্থ বলে। | ১। সন্ধি তাপমাত্রার নিচে গ্যাসীয় পদার্থের তরলীভূত হওয়ার পূর্বের অবস্থাকে বাষ্প বলা হয়। অথবা, তরল পদার্থের পৃষ্ঠতল থেকে মুক্ত অণুসমূহের সমাবেশকে ঐ তরলের বাষ্প বলে। |
| ২। উদাহরণ ঃ | ২। হাইড্রোজেন গ্যাস, $H_2$ (g)<br>কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস ($CO_2$ (g)। | ২। জলীয় বাষ্প $H_2O$ (g) বা, $H_2O$ (vap)<br>ব্রোমিন বাষ্প $Br_2$ (g) বা, $Br_2$ (vap) |
| ৩। তরলীকরণ ঃ | ৩। প্রত্যেক গ্যাসকে সন্ধি তাপমাত্রার নিচে ঠাণ্ডা করে উপযুক্ত চাপ দিলে তরলীভূত হয়। যেমন, $CO_2$ গ্যাসকে এর সন্ধি তাপমাত্রা 31.1°C এর নিচে 72.9 atm চাপ দিলে $CO_2$ গ্যাস তরলে পরিণত হয়। | ৩। শুধু ঠাণ্ডা করলে অথবা চাপ দিলে বাষ্প তরলে পরিণত হয়। যেমন, জলীয় বাষ্পকে ঠাণ্ডা করলে তা ঘনীভূত হয়ে তরল পানিতে পরিণত হয়। আবার $CO_2$ এর বাষ্পকে উপযুক্ত চাপ দিলে তরল $CO_2$ এ পরিণত হয়। |

## ১.৪০। গ্যাসের তরলীকরণ
### Liquefaction of Gases

**অ্যানড্রুজের পরীক্ষা হতে গ্যাসের তরলীকরণের জন্য নিম্নোক্ত প্রয়োজনীয় শর্তাদি আবিষ্কৃত হয় ঃ**

(১) তরলীকরণের আগে যে কোন গ্যাসের তাপমাত্রা তার সন্ধি তাপমাত্রার নিচে আনতে হবে। গ্যাসের তাপমাত্রা সন্ধি তাপমাত্রা হতে যত নিচে হবে, গ্যাসের তরলীকরণ তত সহজ হবে।

(২) গ্যাসের সন্ধিতাপমাত্রার নিচে তাপমাত্রা কমানোর পর গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করতে হবে। যে কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সে পদার্থের বাষ্পীয় চাপের চেয়ে বেশি চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসটি তরলে পরিণত হবে। তাপমাত্রা যত কমে বাষ্পীয় চাপও তত কমে। সুতরাং গ্যাসের তাপমাত্রা যত কম হবে, এর তরলীকরণের প্রয়োজনীয় চাপও তত কম লাগবে।

**তরলীকরণে সন্ধিতাপমাত্রার গুরুত্ব ঃ** গ্যাস তরলীকরণে গ্যাসের সন্ধিতাপমাত্রার গুরুত্ব সর্বাধিক। কারণ সন্ধিতাপমাত্রার নিচে গ্যাসের উপর প্রয়োজনীয় চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসকে তরলীভূত করা সম্ভব। কিন্তু গ্যাসের তাপমাত্রা সন্ধিতাপমাত্রার উর্ধে হলে যথেচ্ছ চাপ প্রয়োগ করেও গ্যাসকে তরলীভূত করা যায় না।

সুতরাং যে কোন গ্যাসকে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রায় শীতল করে এবং তার উপর উপযুক্ত চাপ প্রয়োগ করে তাকে তরলে পরিণত করা যায়।

http://pdfcorner.com

**গ্যাসকে তরলীকরণের প্রচলিত প্রয়োগ পদ্ধতিসমূহ নিম্নরূপ ঃ**

(১) হিমমিশ্র প্রয়োগ (৪) ক্লড পদ্ধতি

(২) জুল–থমসন প্রভাব (৫) উদ্বায়ী তরলকে বাষ্পীকরণ।

(৩) লিন্ডে পদ্ধতি

**(১) হিমমিশ্র প্রয়োগ ঃ** যে সব গ্যাসের স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি নয় (যেমন $NH_3$, $SO_2$, $H_2S$, $C_2H_4$) তাদেরকে বিভিন্ন **হিমমিশ্র ব্যবহার করে** সরাসরি তরলিত করা হয়। হিমমিশ্র রূপে খাদ্য লবণ ও বরফ ব্যবহার করে –20° C; বিগলিত $CaCl_2$ ও বরফ ব্যবহার করে –54° C এবং ড্রাই আইস বা কঠিন $CO_2$ ও ইথার মিশ্রণ ব্যবহার করে –110° C পর্যন্ত নিম্ন তাপমাত্রায় পৌঁছানো যায়।

**(২) জুল–থমসন প্রভাব প্রয়োগ ঃ** বিজ্ঞানী জুল ও থমসন পরীক্ষা করে দেখেন যে, উচ্চ চাপে আবদ্ধ পাত্রের গ্যাসকে যখন সচ্ছিদ্র প্লাগ বা ছিপির মধ্য দিয়ে হঠাৎ নিম্নচাপ বিশিষ্ট বিরাট স্থানে প্রসারিত হতে দেয়া হয় তখন গ্যাসের তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে। তাকে **জুল–থমসন প্রভাব** বলে। কারণ গ্যাসের প্রসারণকালে গ্যাসকে কাজ করতে হয়। যেমন গ্যাস প্রসারিত হবার সময় এর সম্মুখের গ্যাসকে ধাক্কা দিয়ে পেছনের দিকে সরাতে হয়। তখন গ্যাস অণুগুলোকে তাদের আন্তঃআণবিক আকর্ষণের বিরুদ্ধে কাজ করে অনেক দূরে দূরে ছড়িয়ে পড়তে হয়। যদি এ আয়তনের প্রসারণ খুব দ্রুত ঘটে তখন গ্যাস অণুগুলো পরিবেশ থেকে তাপ শক্তি শোষণ করতে পারে না। তাই গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি ব্যবহৃত হয় এবং গ্যাসটির তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির তাপমাত্রা সন্ধি তাপমাত্রার নিচে আসলে তখন উপযুক্ত চাপে গ্যাসটি তরলীভূত হয়।

**বায়ুর তরলীকরণ ঃ** বাণিজ্যিকভাবে বায়ুর তরলীকরণ জুল–থমসন প্রভাব প্রক্রিয়ায় করা হয়। বায়ুকে তরলীভূত করার পূর্বে তাকে কিছুটা ঠান্ডা করে তারপর **জুল–থমসন সম্প্রসারণ** ঘটিয়ে তাপমাত্রা বেশ ঠান্ডা করা হয় এবং এ সম্প্রসারণ প্রক্রিয়া কয়েকবার ঘটিয়ে বায়ুর তাপমাত্রা যথেষ্ট হ্রাস করা হয়। পরে –200°C তাপমাত্রায় এবং প্রায় 200 atm চাপে বায়ুকে তরলীভূত করা হয়।

হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম গ্যাস তরলীকরণ সবচেয়ে কঠিন। কেননা, –80° C তাপমাত্রার উপরে হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে এবং –240° C তাপমাত্রার উপরে হিলিয়ামের ক্ষেত্রে জুল–থমসন সম্প্রসারণে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস না পেয়ে বরঞ্চ বেড়ে যায়। এ অবস্থায় তাপমাত্রা হ্রাসের পরিবর্তে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি হওয়াকে ঐ গ্যাসের **উৎক্রম** (inversion) **তাপমাত্রা** বলা হয়। **অর্থাৎ** $H_2$ এর উৎক্রম তাপমাত্রা হল –80° C এবং হিলিয়ামের উৎক্রম তাপমাত্রা –240° C। গ্যাসের উৎক্রম তাপমাত্রা হল এমন একটি তাপমাত্রা যা অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসটির রুদ্ধতাপীয় সম্প্রসারণ ঘটলে তা শীতল হয়ে থাকে। সুতরাং প্রথমে তরল বায়ু দ্বারা হাইড্রোজেনকে শীতল করে অতঃপর জুল–থমসন সম্প্রসারণ দ্বারা একে আরো শীতল করে উচ্চচাপে তরল করা হয়। অপরদিকে তরল হাইড্রোজেন দ্বারা হিলিয়াম গ্যাসকে যথেষ্ট ঠান্ডা করে তারপর জুল–থমসন সম্প্রসারণ ঘটিয়ে আরো শীতল করে প্রবল চাপ প্রয়োগে হিলিয়ামকে তরলিত করা হয়।

**উৎক্রম তাপমাত্রার গুরুত্ব ঃ** (১) গ্যাসের নিজস্ব উৎক্রম তাপমাত্রার নিচে এর প্রাথমিক তাপমাত্রা না থাকলে জুল–থমসন্ প্রক্রিয়া প্রয়োগে গ্যাসটিকে শীতল তথা তরলীকৃত করা সম্ভব হবে না। (২) জুল–থমসন প্রক্রিয়া প্রয়োগ করার পূর্বেই গ্যাসটিকে উৎক্রম তাপমাত্রার নিচে অন্য শীতলীকরণ পদ্ধতিতে শীতল করে জুল–থমসন্ প্রক্রিয়া পরপর প্রয়োগ করে গ্যাসটি সন্ধি তাপমাত্রায় বা এর নিচে রেখে প্রয়োজনীয় চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসটি তরলীভূত হবে। এখানেই উৎক্রম তাপমাত্রার গুরুত্ব। যেমন–

(১) $H_2$ গ্যাসের উৎক্রম তাপমাত্রা হল – 80°C, এর সন্ধিতাপমাত্রা, $T_c$ = – 239.65°C, সন্ধি চাপ, $P_c$ = 12.8 atm.

(২) হিলিয়াম (He) এর উৎক্রম তাপমাত্রা – 240°C, এর সন্ধিতাপমাত্রা, $T_c$ = – 267.65°C, সন্ধি চাপ, $P_c$ = 1.26 atm.

http://pdfcorner.com

## ১.৪১। পদার্থের তরল অবস্থা
### Liquid State of Matter

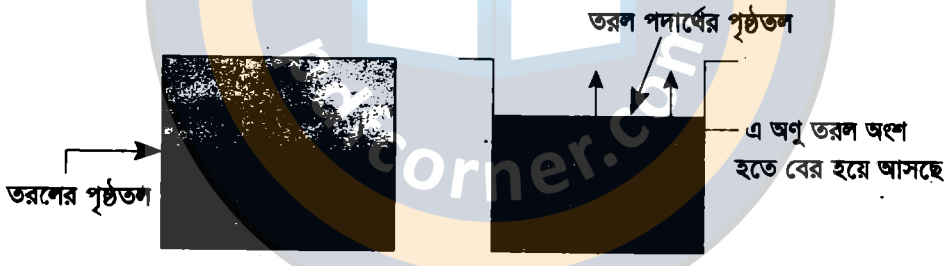
তরল অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পরের সন্নিকটে থাকে। এ কারণে তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন থাকে। অণুসমূহ মোটামুটিভাবে পরস্পরের সন্নিকটে থাকায়, তাদের মধ্যে ফাঁকা জায়গার পরিমাণ খুবই কম। এ কারণে প্রচণ্ড চাপেও তরল পদার্থের আয়তন বিশেষ হ্রাস পায় না। তরল পদার্থের অণুসমূহ সতত গতিশীল। এ কারণে তরল পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকৃতি নেই, যে পাত্রে কোন তরল পদার্থ রাখা হয়, তা সে পাত্রের আকৃতি ধারণ করে। এ বিষয়ে তরল অবস্থার সাথে গ্যাসীয় অবস্থার মিল আছে। তবে গ্যাসীয় অবস্থার অণুসমূহ খুব দ্রুতগতিসম্পন্ন হয়। অপরদিকে তরল অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পরের খুবই সন্নিকটে থাকায় পরস্পরের আকর্ষণের কারণে তাদের গতিবেগ অনেক কম হয়।

## ১.৪২। তরল পদার্থের বাষ্পচাপ
### Vapour Pressure of Liquid

**কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বাষ্প ও তরল সাম্যাবস্থায় থাকলে তরলের উপরিস্থিত বাষ্পের যে চাপ থাকে, তাকে সে তাপমাত্রায় সে তরল পদার্থের বাষ্পচাপ বলা হয়।** তাপমাত্রা বাড়লে বাষ্পচাপ বাড়ে।

**(ক) গতিতত্ত্ব অনুযায়ী বাষ্পচাপের ব্যাখ্যা ঃ** গ্যাসের অণুসমূহের ন্যায় তরল পদার্থের অণুসমূহ সর্বদা কিছুমাত্রায় গতিশীল। যেহেতু তরল পদার্থের একটি উন্মুক্ত পৃষ্ঠতল বিদ্যমান সেহেতু তরল পদার্থ হতে কিছু অণু এ পৃষ্ঠতল থেকে মুক্ত হয়ে আসবে এবং তরল পদার্থের উপরিভাগের স্থানে গ্যাসরূপে অবস্থান করবে।

আবদ্ধ পাত্রে যদি তরল পদার্থের উপরিভাগে পরিমিত স্থান থাকে, তবে সে স্থানে এ সব অণুর সংখ্যা ক্রমশ বাড়বে। যেহেতু এ সব অণু গ্যাসীয় অবস্থায় আছে, তারা সবদিকে দ্রুত গতিশীল, ফলে তাদের মধ্য থেকে কিছু অণু সব সময় তরল মাধ্যমে ফিরে আসবে। তরল পদার্থের উপরিভাগে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা যত বাড়বে, তরল মাধ্যমে এ সব অণুর ফিরে আসার হারও তত বাড়বে।




চিত্র ১.১৬ ঃ গতিতত্ত্ব অনুযায়ী বাষ্পচাপের ব্যাখ্যা।

সুতরাং এক সময় একটি সাম্যাবস্থা অর্জিত হবে, যখন প্রতি একক সময়ে তরল মাধ্যম পরিত্যাগকারী অণুর সংখ্যা সে সময়ে তরল মাধ্যমে ফিরে আসা অণুর সংখ্যার সমান হয়। এ অবস্থায় তরল পদার্থের উপরের স্থান তরল পদার্থের বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হবে এবং এদের সৃষ্ট চাপই সে তাপমাত্রায় তরল পদার্থের বাষ্পচাপ। তরল পদার্থের উপরে স্থানের আয়তন যা হোক না কেন, সে স্থান হতে তরল মাধ্যমে ফিরে আসা গ্যাস অণুর সংখ্যা গ্যাসীয় মাধ্যমে অণুর ঘনমাত্রার সমানুপাতিক হবে। আবার নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার যে কোন গ্যাস একটি নির্দিষ্ট চাপ দেয়। সুতরাং যে কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের বাষ্পচাপও নির্দিষ্ট হবে।

অপরদিকে তাপমাত্রা বাড়লে তরল পদার্থের অণুসমূহের গতিশক্তি বাড়ে। অণুসমূহের গতিশক্তি যত বাড়ে তরল মাধ্যমের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তিকে অতিক্রম করে তাদের গ্যাসীয় মাধ্যমে চলে যাওয়ার প্রবণতা তত বাড়ে। সুতরাং তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে তরল পদার্থের বাষ্পচাপ বাড়ে।

**(খ) তরল পদার্থের বাষ্পচাপ ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** কোন তরল পদার্থের উপর যদি স্থির চাপ উদাহরণস্বরূপ 1 atm (বায়ুমণ্ডল) চাপ রেখে তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়ানো হয়, তবে তরল পদার্থটির বাষ্পচাপ ক্রমশ বাড়তে থাকবে এবং এক সময় তা বাহ্যিক চাপের সমান হবে। এ অবস্থায় তরল পদার্থটি স্বাধীনভাবে বাষ্পীভূত হতে পারে এবং তরল পদার্থের মধ্যে তার বাষ্পের বুদ্‌বুদ্‌ তৈরি হতে দেখা যায়। এ তাপমাত্রাই হচ্ছে তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক। সুতরাং যে

http://pdfcorner.com

**তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থের বাষ্পচাপ তার উপরস্থ বায়ুমণ্ডল চাপ বা 1 atm চাপের সমান হয় এবং তরল পদার্থটি বুদ্‌বুদ্‌ সহকারে বাষ্পে পরিণত হয়, তাকে তরল পদার্থটির স্ফুটনাঙ্ক বলা হয়।** যদি বাহ্যিক চাপ বা বায়ুমণ্ডল চাপ হ্রাস করা হয়, তবে তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়; আবার বাহ্যিক চাপ বৃদ্ধি করলে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

## ১.৪৩। পদার্থের কঠিন অবস্থা
### Solid State of Matter

কঠিন পদার্থসমূহে অণুসমূহ যতদূর সম্ভব পরস্পরের নিকটে অবস্থান করে এবং নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে। এ কারণে কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন এবং নির্দিষ্ট আকৃতি বা কাঠামো বিদ্যমান। কঠিন অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পরের সন্নিকটে স্থিরভাবে অবস্থান করায় সাধারণভাবে কঠিন অবস্থায় যে কোন পদার্থের ঘনত্ব সর্বোচ্চ।

কাঠামোর উপর ভিত্তি করে কঠিন পদার্থ দু শ্রেণীতে বিভক্ত; যেমন– (১) দানাদার বা কেলাসাকার (crystalline) ও (২) অদানাদার (amorphous)।

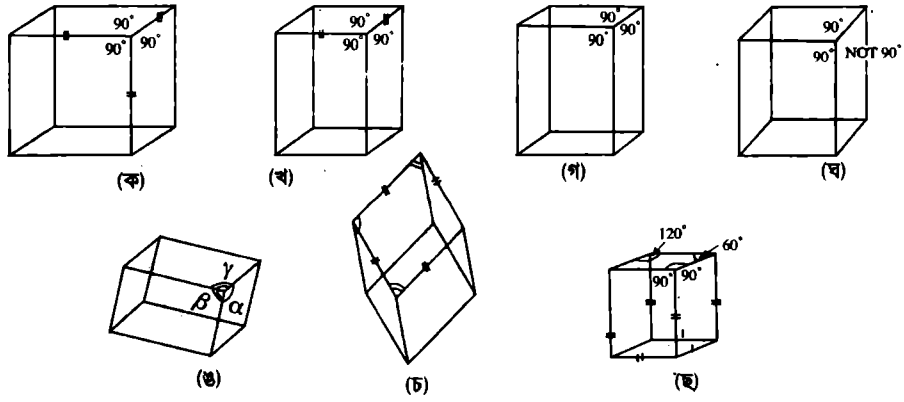
**দানাদার পদার্থ ঃ** দানাদার বা কেলাসাকার পদার্থের অণু বা কণাগুলো নির্দিষ্ট ক্রমে সজ্জিত হয়ে নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক আকৃতি লাভ করে; এরূপ গঠনকে **কেলাস গঠন** বলে। যেমন– NaCl এর কেলাস ঘনক আকৃতির, পটাস অ্যালাম কেলাস অষ্টতলক, আর্দ্র ফেরাস সালফেট মনোক্লিনিক কেলাস গঠনবিশিষ্ট হয়।

**অদানাদার পদার্থ ঃ** অদানাদার কঠিন পদার্থে অণু বা কণাগুলো এলোমেলোভাবে থাকে; কোন নির্দিষ্টক্রমে সজ্জিত থাকে না। যেমন– চুন, কাচ, ময়দা, প্লাস্টিক ইত্যাদি অদানাদার পদার্থ।

## ১.৪৪। কেলাসের একক কোষ ও কেলাস জালি
### Crystal Lattice & Unit Cells

প্রায় সব সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থ দানাদার বা কেলাসাকার। অর্থাৎ যে সব অণু, পরমাণু বা আয়ন দ্বারা কোন কঠিন পদার্থ গঠিত, তারা সুনির্দিষ্ট ও সুশৃঙ্খলভাবে অবস্থান করে একটি ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক কাঠামো তৈরি করে। কেলাসের কাঠামো বোঝানোর জন্য **'কেলাস-জালি'** ও কেলাসের **'একক-কোষ বা সেল'**—এ দুটি পদ (term) ব্যবহার করা হয়।

**(ক) কেলাস জালি বা ল্যাটিস্ (Crystal Lattice) ঃ** কেলাসাকার পদার্থের কেলাস গঠনের মূল উপাদান হল পরমাণু বা আয়ন বা ক্ষেত্র বিশেষে অণুর কেন্দ্র। কেলাস গঠনে এসব উপাদানের অবস্থানকে বিন্দুর আকারে ত্রিমাত্রিকভাবে বিন্যস্ত দেখানো হয়। এ সব বিন্দুর 'নিয়মিত সজ্জার' পুনঃপুনঃ ত্রিমাত্রিক বিন্যাসকে কেলাস জালি বা ল্যাটিস (lattice) বলা হয়। এ ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের বিন্দুগুলোকে কাল্পনিক অক্ষ দ্বারা যুক্ত করলে সম্পূর্ণ কেলাস জালি অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সদৃশ ব্লক (block)-এ বিভক্ত দেখায়। এ ক্ষুদ্রতম মৌলিক ব্লকগুলোকে ঐ কেলাসের একক কোষ বা সেল বলে।




চিত্র ১.১৭ ঃ বিভিন্ন ধরনের 'একক কোষ বা সেল'-এর জ্যামিতিক গঠন।

http://pdfcorner.com

**(খ) কেলাসের একক কোষ বা সেল (Unit cell) ঃ কোন কেলাস বা স্ফটিকের যে ক্ষুদ্রতম অংশ, যার মধ্যে সব মৌলিক অংশ পুনরাবৃত্তি ছাড়া বিদ্যমান থাকে, তাকে একক কোষ বা সেল বলা হয়। 'একক কোষ' হল কেলাস জালির ক্ষুদ্রতম মৌলিক 'ত্রিমাত্রিক একক' বা ব্লক।** যেহেতু একক কোষসমূহ একটির সাথে একটি যুক্ত হয়ে বড় কেলাস সৃষ্টি করে, সেহেতু একক কোষের ন্যায় এর কেলাসের আকৃতি থাকে। কেলাসের আকার বা সাইজ স্বাভাবিকভাবেই একক কোষ অপেক্ষা অনেক অনেক বড় হয়। সাত প্রকার একক কোষ আছে। যেমন, (১) কিউবিক বা ঘনক, (২) টেট্রাগোনাল (৩) অর্থোরম্বিক, (৪) মনোক্লিনিক, (৫) ট্রাইক্লিনিক, (৬) রম্বোহেড্রাল, (৭) হেক্সাগোনাল। এসব একক কোষের গঠন চিত্র ১.১৭-এ দেখানো হয়েছে।

**একক কোষের বৈশিষ্ট্য ঃ** প্রত্যেকটি **'একক কোষ'**–এর আটটি কোণা (corner), বারটি ধার (edge) এবং ছয়টি পৃষ্ঠতল (face) থাকে।

## ১.৪৫। কেলাসের শ্রেণীবিভাগ
### Classification of Crystals

কেলাস–জ্যামিতির x, y, z-অক্ষ বরাবর একক দূরত্বকে যথাক্রমে a, b, c দ্বারা এবং অক্ষগুলোর পারস্পরিক কোণগুলোকে $\alpha, \beta, \gamma$ দ্বারা প্রকাশ করে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত কেলাসগুলোকে ১৮৪৮ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী ব্রাভেইজ (A. Brvais) নিম্নরূপে সাতটি মূল শ্রেণীতে বিন্যস্ত করেন (সারণি ১.২)। যেমন–

**সারণি ১.২ ঃ কেলাসের শ্রেণীবিভাগ।**

| কেলাসের শ্রেণী | অক্ষ দূরত্ব | অক্ষের কৌণিক দূরত্ব | উদাহরণ |
|---|---|---|---|
| (ক) কিউবিক বা ঘনক (cubic or cube) | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | NaCl, ডায়মন্ড, ধাতুসমূহ যেমন কপার। |
| (খ) টেট্রাগোনাল (tetragonal) | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | শ্বেত টিন ($SnO_2$), $TiO_2$। |
| (গ) অর্থোরম্বিক (orthorhombic) | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | $KNO_3$, রম্বিক সালফার। |
| (ঘ) মনোক্লিনিক (monoclinic) | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$ | $Na_2SO_4.10H_2O$; মনোক্লিনিক ($S_8$), $FeSO_4.7H_2O$ |
| (ঙ) ট্রাইক্লিনিক (triclinic) | $a \neq b \neq c$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ | $K_2Cr_2O_7$; $H_3BO_3$; $CuSO_4.5H_2O$ |
| (চ) রম্বোহেড্রাল (rhombohedral) | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ | ক্যালসাইট ($CaCO_3$)। |
| (ছ) হেক্সাগোনাল (hexagonal) | $a = b \neq c$ | $\alpha = 120^\circ; \beta = \gamma = 90^\circ$ | গ্রাফাইট; ধাতুসমূহ। |

## ১.৪৬। ধাতুসমূহের কেলাস গঠন
### Structure of Metals' Crystals

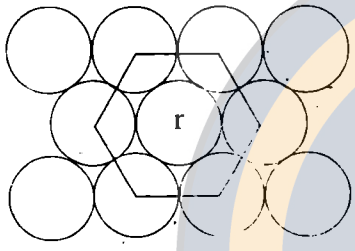
**(ক) কেলাসে বিন্যাস প্রকরণ ঃ** ধাতুসমূহের কেলাসে শুধুমাত্র ধাতব বন্ধন বিদ্যমান; কিন্তু ধাতুসমূহের গঠন বিভিন্ন ধরনের হয়; তবে **অধিকাংশ ধাতু তিনটি প্রধান ধরনের গঠনের যে কোন ধরনের কেলাস** তৈরি করে। যেহেতু একই ধাতুর কেলাসে সব পরমাণু একই ধরনের এবং একই সাইজের সেহেতু ধাতু কেলাস গঠনের সময় **সর্বনিম্ন স্থিতিশক্তি অর্জনের জন্য পরমাণুসমূহ যতদূর সম্ভব পরস্পরের সন্নিকটে অবস্থান করবে এবং প্রতিটি পরমাণু যত বেশি সংখ্যক পরমাণু দ্বারা পরিবেষ্টিত হবে,** পরমাণুসমূহকে গোলকাকৃতি হিসেবে গণ্য করা যায়।

**গোলকসমূহের সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশ অবস্থা (Closest packing of spheres) ঃ** চিত্র ১.১৮–এ সমান গোলকসমূহের একটি স্তরে সম্ভাব্য সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশ অবস্থা দেখানো হয়েছে। একটি পরমাণুকে 1 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। দেখা যায় যে, এর চারদিকে ছয়টি গোলক বা পরমাণু একে স্পর্শ করে অবস্থান করতে পারে। ছয়টি গোলকের কেন্দ্রকে যোগ করলে একটি নিয়মিত ষড়ভুজ পাওয়া যায়। অপরদিকে পরস্পর স্পর্শকারী তিনটি গোলককে এক একটি গ্রুপ হিসেবে বিবেচনা করা যায়। এ তিনটি গোলকের মধ্যবিন্দু যোগ করলে একটি সমবাহু

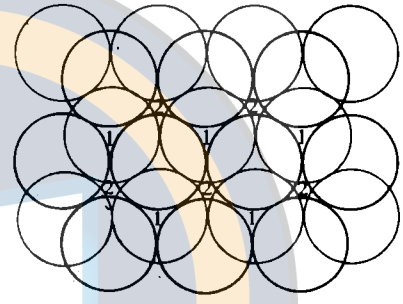
http://pdfcorner.com

ত্রিভুজ পাওয়া যায়। এ তিনটি গোলকের মাঝখানে কিছু ফাঁকা জায়গা বিদ্যমান। যদি একটি স্তরে পরস্পর স্পর্শকারী কিছু গোলক রেখে তার উপর আরেকটি গোলক রাখা হয়, তবে তা তিনটি গোলকের মাঝখানে ফাঁকা জায়গার উপরের স্থান দখল করবে, এর পরেও এ চারটি গোলকের মাঝখানে ফাঁকা জায়গা থেকে যায়। এ চারটি গোলকের মাঝখানের ফাঁকা জায়গাকে **চতুস্তলকীয় ছিদ্র বা স্থান** (tetrahedral hole or site) বলা হয়; কেননা এ স্থান এমন চারটি গোলক দ্বারা পরিবেষ্টিত, যাদের কেন্দ্র একটি সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুসমূহে অবস্থান করে [চিত্র ১.১৮ দ্রষ্টব্য]। কেলাস গঠন বোঝার জন্য এ ছিদ্র খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

যদি একটি স্তরে বেশ কিছু গোলক রেখে তার উপরে বেশ কিছু সংখ্যক গোলক রাখা হয়, তবে এ গোলকসমূহ প্রথম স্তরের ছিদ্র বা ফাঁকা জায়গাসমূহে (hole or site এ) অবস্থান নেবে, এর ফলে প্রথম স্তরের উপর আরেকটি স্তরের সৃষ্টি হয়। চিত্র ১.১৯–তে এ অবস্থা দেখানো হয়েছে। প্রথম স্তরের কেন্দ্রীয় গোলক যা একটি স্তরের ছয়টি গোলকের সংস্পর্শে আছে, তা দ্বিতীয় স্তরের আরো তিনটি গোলকের সংস্পর্শে থাকে।




চিত্র ১.১৮ ঃ একটি স্তরে পরস্পর স্পর্শকারী গোলকসমূহের অবস্থান।



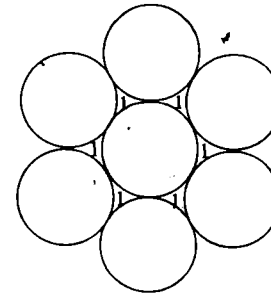
চিত্র ১.১৯ ঃ একই ধরনের একটি স্তরের উপর আরেকটি স্তরের অবস্থান। সরু দাগ দ্বারা প্রথম স্তরের গোলক এবং মোটা দাগ দ্বারা দ্বিতীয় স্তরের গোলক বোঝানো হয়েছে।

এখন প্রথম স্তরের ঠিক নিচে তৃতীয় আরেকটি স্তরের কথা চিন্তা করা যায়। এ স্তরটি দ্বিতীয় স্তরের অনুরূপ; শুধু অবস্থান ভিন্ন। সুতরাং এ স্তরের তিনটি গোলক প্রথম স্তরের কেন্দ্রীয় গোলকের সংস্পর্শে আসবে। সুতরাং প্রথম স্তরের কেন্দ্রীয় গোলকের সংস্পর্শে সর্বমোট ১২টি গোলক অবস্থান করবে, তন্মধ্যে ছয়টি একই স্তরের, তিনটি ঠিক উপরের স্তরের এবং বাকি তিনটি ঠিক নিচের স্তরের। সুতরাং এর সন্নিবেশ সংখ্যা ১২। **সমান ব্যাসার্ধ** বিশিষ্ট গোলকসমূহের ক্ষেত্রে ১২ই হচ্ছে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ সন্নিবেশ সংখ্যা এবং সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত অবস্থা। সব ধাতুর ক্ষেত্রে এ সন্নিবেশ সংখ্যা দেখা যায়।

কঠিন অবস্থার রসায়নে ত্রিমাত্রিকভাবে একটি পরমাণুর সংস্পর্শে যতটি পরমাণু বিদ্যমান তাকে ঐ পরমাণু সংখ্যাকে সে পরমাণুর **সন্নিবেশ সংখ্যা** (co-ordination number, সংক্ষেপে C. N.) বলা হয়।

এখন দুটি স্তরের উপর অবস্থানরত তৃতীয় স্তরের গোলকসমূহের দিকে একটু গভীরভাবে নজর দেয়া যাক। এক্ষেত্রে দুটি ভিন্ন ধরনের বিন্যাস সম্ভব।

মধ্যবর্তী স্তরের কেন্দ্রীয় গোলকের যে সব ফাঁকা জায়গা আছে, তাদেরকে যদি 1, 2, 1, 2, 1, 2 দ্বারা চিহ্নিত করি, তবে এর উপরের নিচের স্তরে গোলক রাখা হলে যে গোলকগুলো হয় 1, 1, 1 বা 2, 2, 2 চিহ্নিত ফাঁকা জায়গায় অবস্থান নিতে পারে। দুটি স্তর বিবেচনা করলে 1, 1, 1 বা, 2, 2, 2, অবস্থানের মধ্যে কোন পার্থক্য নেই, কিন্তু এটি সহ উপর নিচে মোট তিনটি স্তর বিবেচনা করলে পার্থক্য দেখা যায়।



চিত্র ১.২০ ঃ এক স্তরে ফাঁকা স্থানসমূহের চিহ্নিতকরণ।

**(খ) ধাতুর কেলাস গঠনের শ্রেণীবিভাগ ঃ** ধাতুর গোলকাকার পরমাণুগুলোর সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশ অবস্থায় নিম্নোক্ত তিন ধরনের কেলাস গঠন সৃষ্টি করে ঃ

http://pdfcorner.com

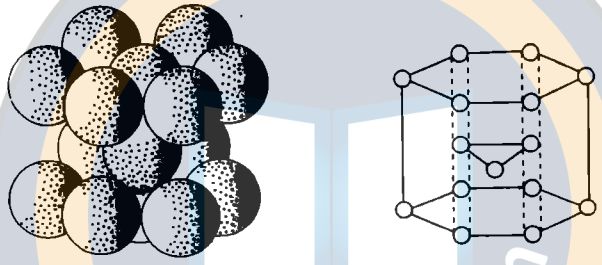
(১) **ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত গঠন বা h.c.p. গঠন**
(hexagonal closest packed structure, h.c.p.)

(২) **পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন বা f.c.c. গঠন**
(face-centred cubic closest packed structure, f.c.c.)

(৩) **দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন বা b.c.c. গঠন**
(body centred cubic close packed structure, b.c.c.)

উল্লেখ্য ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত গঠন বা (h.c.p.) গঠন ও পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন বা (f.c.c.) গঠন এর বেলায় পরমাণুগুলো কেলাসের মোট আয়তনের 74% স্থান দখল করে; অবশিষ্ট 26% স্থান ফাঁকা থাকে। কিন্তু দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন বা (b.c.c.) গঠন এর বেলায় কেলাসের 68% স্থান পরমাণুগুলো দখল করে; অবশিষ্ট 32% স্থান ফাঁকা থাকে।

১। **ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত কেলাস গঠন বা h.c.p গঠন ঃ** এরূপ কেলাস গঠনে একটি গোলক বা পরমাণুর চারদিকে ছয়টি গোলক বা পরমাণু ঘন সন্নিবেশিত থাকে। এ ছয়টি গোলকের কেন্দ্রকে যোগ



(ক) (খ)

চিত্র ১.২১ ঃ সন্নিবেশিত কেলাস গঠন।

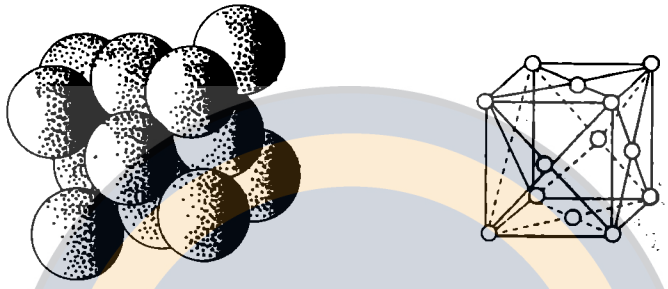
করলে ষড়ভুজাকার মধ্যস্তরটি সৃষ্টি হয়। অপরদিকে পরস্পর স্পর্শকারী তিনটি গোলকের মধ্যবিন্দু যোগ করলে একটি সমবাহু ত্রিভুজ হয়। এ তিনটি গোলকের মাঝখানের ফাঁকা স্থানকে 1 দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। কেলাসের মধ্যস্তরের যে সব ফাঁককে 1 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে, তার উপরের এবং নিচের স্তরের গোলকসমূহ যদি এ ফাঁকে অবস্থান করে তবে এ গোলকসমূহ একটির ঠিক উপরে অন্যটি এভাবে বিন্যস্ত হবে। যদি প্রথম স্তরের বিন্যাসকে A দ্বারা এবং দ্বিতীয় স্তরের বিন্যাসকে B দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে তৃতীয় স্তরটি প্রথম স্তরের অনুরূপ A হবে। তখন সামগ্রিকভাবে কঠিন পদার্থটিতে গঠনবিন্যাস হবে ABABAB....। এ গঠনকে **ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত কেলাস গঠন বা h.c.p গঠন** বলা হয়। এ ধরনের বিন্যাসবিশিষ্ট একটি একক সেল চিত্র ১.২০–এ দেখানো হয়েছে। চিত্র ১.২১ (ক)–এ পূর্ণ আকৃতির গোলকসমূহকে পরস্পরের সংস্পর্শে দেখানো হয়েছে। চিত্র ১.২১ (খ)–তে গোলকসমূহের মধ্যবিন্দুসমূহকে দেখানো হয়েছে। এরূপ কাঠামোর কেন্দ্রীয় পরমাণুর সন্নিবেশ সংখ্যা '12' হয়।

**উদাহরণ ঃ** এরূপ কেলাস গঠনের উদাহরণ হল মৃৎক্ষার ধাতু Be, Mg, Ca এবং d-ব্লক ধাতু Sc, Ti, Cr, Co, Ni, Zn ইত্যাদি।

২। **পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন বা f.c.c. গঠন ঃ** ধাতুর কেলাসের কেন্দ্রীয় পরমাণু বা গোলকের চারদিকে ছয়টি পরমাণু বা গোলক ঘন সন্নিবেশিত হয়ে যে ষড়ভুজাকার মধ্যস্তর সৃষ্টি করে এর ফাঁকা স্থানগুলোকে 1, 2, 1, 2, 1, 2 দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। যে সব ফাঁকসমূহকে 1 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে, তার উপরের স্তরের গোলকসমূহ যদি সে স্থানে এবং নিচের স্তরের গোলকসমূহ যদি 2 দ্বারা চিহ্নিত স্থানে অবস্থান নেয়, তবে দ্বিতীয় ধরনের গঠন সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে উপরের স্তরের গোলকসমূহের অবস্থান নিচের স্তরের গোলকসমূহের ঠিক উপরে নয়, বরঞ্চ পার্শ্বে হয়; অর্থাৎ প্রথম ও তৃতীয় স্তরের বিন্যাস দু'ধরনের। সুতরাং উপরের স্তরকে A, মধ্যস্তরকে B

http://pdfcorner.com

এবং তৃতীয় স্তরের বিন্যাসকে C দ্বারা চিহ্নিত করলে সামগ্রিকভাবে ঐ কঠিন পদার্থে গঠনবিন্যাস হবে ABC ABC ABC ..... । এ ABC বিন্যাসটি প্রথম ধরনের ABA বিন্যাস থেকে 60° কোণে বিকৃত বা twisted থাকে। এরূপ কেলাস গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সন্নিবেশ সংখ্যা '12' হয়। চিত্র ১.২২–এ একটি একক সেল এবং স্ফটিক গঠন দেখানো হয়েছে। এ গঠনকে ভাল করে লক্ষ করলে দেখা যায় যে, ঘনকের আট কোণায় আটটি গোলক আছে; এছাড়া প্রতিটি পৃষ্ঠতলের কেন্দ্রে একটি গোলক বিদ্যমান। সুতরাং এ গঠনকে **পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন** (face-centred cubic closed packed structure, f.c.c) বলা হয়।



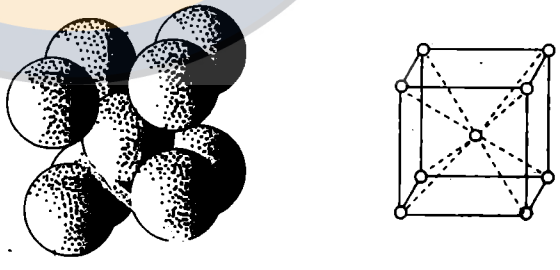
চিত্র ১.২২ ঃ পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন।

**উদাহরণ ঃ** এরূপ কেলাস গঠনের উদাহরণ হল মৃৎ–ক্ষার ধাতু Ca, Sr; এবং d-ব্লক ধাতু Fe, Co, Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Au ইত্যাদি।

৩। **দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন বা b.c.c. গঠন ঃ** এ কেলাস বিন্যাসটি h.c.p. গঠন ও f.c.c. গঠন থেকে সম্পূর্ণ অন্যভাবে গড়ে উঠে। চিত্র ১.২৩–এ এরূপ গঠন দেখানো হয়েছে। একটি ঘনকের কেন্দ্রে একটি গোলক এবং ঘনকের আটটি কোণায় আটটি গোলক থাকে, যারা কেন্দ্রীয় গোলকের সংস্পর্শ থাকে। তাই এ গঠনকে **দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন** (body centred cubic close packed structure b.c.c) বলা হয়। এতে সন্নিবেশ সংখ্যা হচ্ছে 8, সুতরাং এ বিন্যাস সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত অবস্থা নয়।

**উদাহরণ ঃ** এরূপ কেলাস গঠনের উদাহরণ হল ক্ষার ধাতুসমূহ যেমন– Li, Na, K, Rb, Cs; মৃৎ–ক্ষার ধাতু Ba এবং d-ব্লক ধাতু Cr, Fe, Mo, W ইত্যাদি।

প্রায় পঞ্চাশটি ধাতুর ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত (h.c.p) অথবা / এবং পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় (f.c.c) গঠন বিদ্যমান। অপরদিকে প্রায় পঁচিশটি ধাতুর দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন বিদ্যমান।



চিত্র ১.২৩ ঃ দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন।

## ১.৪৭। ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম
### Radius ratio rule

আয়নিক কেলাস গঠনের প্রধান ভিত্তি হচ্ছে যে, প্রতিটি ক্যাটায়ন অ্যানায়নসমূহকে আকর্ষণ করে এবং যত বেশি সংখ্যক সম্ভব অ্যানায়নকে নিজের দিকে টানে; অপরদিকে প্রতিটি অ্যানায়ন অন্য অ্যানায়নকে বিকর্ষণ করে এবং

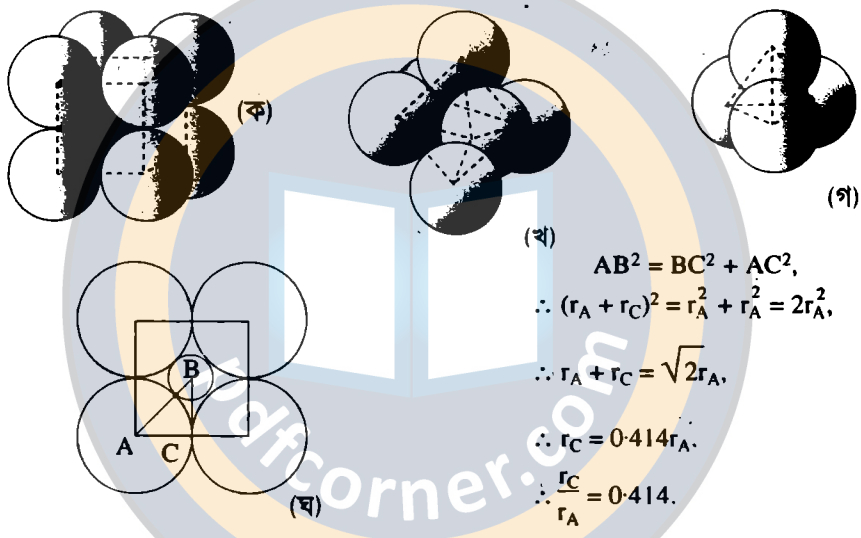


http://pdfcorner.com

যতদূর সম্ভব একটি অপরটি হতে দূরে থাকতে চায়। যখন অ্যানায়নসমূহ পরস্পরকে স্পর্শ করে তখন কেলাসের কাঠামো অস্থিতিশীল হয়ে পড়ে।

গাঠনিক রসায়নে তিনটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জ্যামিতিক ত্রিমাত্রিক গঠন হচ্ছে—সরল ঘনক (simple cube), সুষম **অষ্টতলক ও সুষম চতুস্তলক**। এরা সকলে কেলাসের ঘনকীয় সিস্টেমের বিভিন্ন ফর্ম। [চিত্র–১.২৪ (ক), (খ), ও (গ)–তে গোলকসমূহকে পরস্পরের সংস্পর্শে রেখে এমনভাবে সাজানো হয়েছে, যেন তাদের কেন্দ্রসমূহ যথাক্রমে একটি ঘনক, অষ্টতলক ও চতুস্তলক তৈরি করে।]

কেলাসের প্রতিটি বিন্যাসের কেন্দ্রে কিছু ফাঁকা জায়গা আছে, যা এসব গোলক দ্বারা পরিবেষ্টিত। **এ ফাঁকা জায়গাসমূহকে যথাক্রমে সরল ঘনকীয়, অষ্টতলকীয় ও চতুস্তলকীয় ছিদ্র (hole) বলা হয়**। যদি গোলকসমূহ অ্যানায়ন হয় এবং ক্যাটায়নসমূহকে এ সব ছিদ্রে রাখা হয়, যেন তারা খুব সুন্দরভাবে ফিট করে এবং তাদের চারপার্শ্বের অ্যানায়নসমূহকে স্পর্শ করে, তবে ক্যাটায়নসমূহের সন্নিবেশ সংখ্যা যথাক্রমে 8, 6 ও 4 হয়।




চিত্র ১.২৪ ঃ (ক) সরল ঘনকীয় সন্নিবেশ; (খ) অষ্টতলকীয় সন্নিবেশ; (গ) চতুস্তলকীয় সন্নিবেশ; (ঘ) অষ্টতলকীয় সন্নিবেশের প্রস্থচ্ছেদ।

অষ্টতলকীয় সন্নিবেশের প্রস্থচ্ছেদ চিত্র (ঘ)-তে দেখানো হয়েছে এবং সেখানে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাত হিসাব করা হয়েছে। দেখা যাচ্ছে যে, **সুষম অষ্টতলকের ক্ষেত্রে** এ অনুপাত 0.414 এর সমান। একইভাবে অন্যান্য সন্নিবেশের ক্ষেত্রে এ **অনুপাত হিসাব করা যায়। সরল ঘনকের ক্ষেত্রে** এ অনুপাত হচ্ছে 0.73 এবং **চতুস্তলকের ক্ষেত্রে** 0.23।

**আয়নিক কেলাসের গঠন আকৃতি ও নির্ভরশীলতা ঃ** কোন আয়নিক যৌগের কেলাস কিরূপ গঠনবিশিষ্ট হবে তা ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। যেহেতু অ্যানায়নসমূহের সাইজ ক্যাটায়ন অপেক্ষা বড় ($Rb^+F^-$ এবং $Cs^+F^-$ ব্যতীত, এখানে ফ্লোরাইড ($F^-$) আয়নটি ক্যাটায়ন অপেক্ষা ছোট); সেহেতু ক্যাটায়নের চারদিকে অ্যানায়নসমূহের বিন্যাস বিবেচনা করতে হয়।

একটি ক্যাটায়নের চারপার্শ্বে সর্বোচ্চ কয়টি অ্যানায়ন থাকতে পারে, তা তাদের ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। যেমন,

$$\frac{\text{ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ}}{\text{অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ}} = \frac{r_C}{r_A}$$ ; এ অনুপাত সর্বদা 1 হতে ছোট হয় (RbF ও CsF ব্যতীত)।

**ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম ঃ** আয়নিক কেলাসের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন–এর ব্যাসার্ধ অনুপাত কেলাসের গঠনাকৃতি নির্ধারণ করে। বিভিন্ন আয়নিক কেলাসের বিশ্লেষণের ফলাফল **ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম** নামে পরিচিত। যেমন,

http://pdfcorner.com

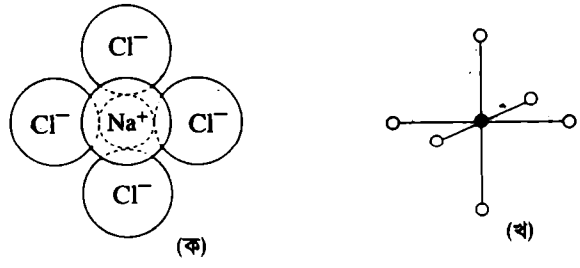
| আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধের অনুপাতের সীমানা, $\frac{r_c}{r_a}$ | কেলাসের ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা | আয়নিক কেলাসের গঠনের ধরন |
|---|---|---|
| 0.73 এবং তার উর্ধ্বে | 8 | ঘনকীয় গঠন |
| 0.72 – 0.414 | 6 | অষ্টতলকীয় গঠন |
| 0.413 – 0.23 | 4 | চতুস্তলকীয় গঠন |

**উদাহরণ ও ব্যাখ্যা ঃ সোডিয়াম আয়নের ব্যাসার্ধ 95 পিকোমিটার (pm) এবং ক্লোরাইড আয়নের ব্যাসার্ধ 181 pm।**

সুতরাং NaCl এর ক্ষেত্রে আয়নিক ব্যাসার্ধের অনুপাত $= \frac{95}{181} = 0.53$, যা 0.414 – 0.72 এর মধ্যে। অতএব $Na^+$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 6 হবে। যেহেতু NaCl এ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন সমান সংখ্যক, সেহেতু ক্লোরাইড আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 6 অর্থাৎ এ স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা 6 : 6 সুতরাং NaCl এর কেলাস গঠন অষ্টতলকীয় হবে।

## ১.৪৮। আয়নিক যৌগের কেলাস গঠন
## Ionic Crystalline Structure

**(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠন (Sodium Chloride Structure) ঃ** সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে $Na^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নসমূহ স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা সুবিন্যস্থ থাকে। গোলক আকারের এসব আয়নের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 95 ও 181 pm (পিকোমিটার, $1 \times 10^{-12}$m)। এক্ষেত্রে ক্যাটায়ন ($Na^+$) ও অ্যানায়ন ($Cl^-$) এর ব্যাসার্ধ অনুপাত হল (95 ÷ 181) = 0.525, যা ব্যাসার্ধ–অনুপাত নিয়মে 0.414 – 0.72 এর মধ্যে অবস্থিত। সুতরাং ব্যাসার্ধ অনুপাত ও ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যার সম্পর্ক মতে, $Na^+$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হল 6 ও NaCl এর কেলাস গঠন হবে অষ্টতলকীয়। বাস্তবে দেখা যায় যে, উভয় আয়নের গোলকের ব্যাসার্ধ অনুসারে একই তলে $Na^+$ আয়নের চারদিকে চারটি $Cl^-$ আয়ন স্পর্শ করে থাকে, কিন্তু নিজেরা বিকর্ষণের কারণে স্পর্শ করে না [চিত্র ১.২৫(ক)]। একই তলে এ পাঁচটি আয়ন থাকে এবং ঠিক উপরে ও নিচে আরো দুটি $Cl^-$ আয়ন অবস্থান নিতে পারে। এ ছয়টি $Cl^-$ আয়ন ও একটি $Na^+$ আয়নের কেন্দ্রের অবস্থানকে চিত্র ১.২৫(খ) তে দেখানো হয়েছে; এতে $Na^+$ আয়নটি একটি অষ্টতলকের কেন্দ্রে এবং ছয়টি $Cl^-$ আয়ন ঐ অষ্টতলকের ছয়টি শীর্ষবিন্দুতে অবস্থিত। সুতরাং এ গঠনে $Na^+$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 6 হয়েছে। স্থূল সংকেত NaCl অনুসারে প্রতিটি $Cl^-$ আয়নের চারদিকে ছয়টি $Na^+$ আয়ন থাকতে হবে, তাই $Cl^-$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যাও 6 হবে।

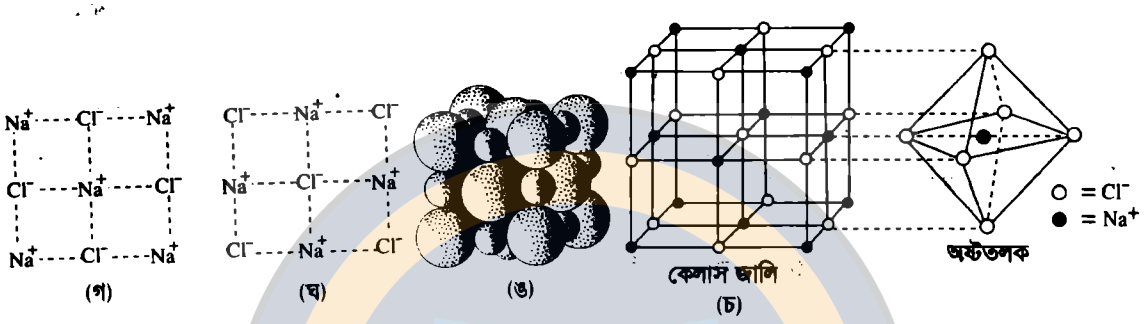



চিত্র ১.২৫ ঃ NaCl এর অষ্টতলক গঠনে $Na^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নের অবস্থান।

এ ছয়টি $Na^+$ আয়ন ও একটি সুষম অষ্টতলক সৃষ্টি করে, যার কেন্দ্রে $Cl^-$ আয়নটি অবস্থিত। এ প্রকার $Na^+$ আয়ন কেন্দ্রিক ও $Cl^-$ আয়ন কেন্দ্রিক অসংখ্য অষ্টতলক কেলাস জালিতে বিন্যস্ত হয়ে পৃষ্ঠতল কেন্দ্রিক ঘনকীয় NaCl এর কেলাস গঠন করে, [চিত্র ১.২৬]।

http://pdfcorner.com

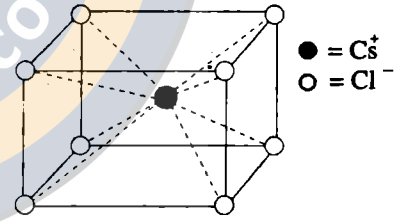
**পরীক্ষালব্ধ তথ্যসহ ব্যাখ্যা ঃ** কেলাসের X-ray বা রঞ্জন–রশ্মি বিশ্লেষণ পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, (১) পাশাপাশি দুটি ঘনকের একটিতে বিপরীত তলদ্বয়ের কেন্দ্রে $Na^+$ আয়ন এবং অপর ঘনকের বিপরীত তলদ্বয়ের কেন্দ্রে $Cl^-$ আয়ন থাকে; চিত্র ১.২৬ এর (গ) ও (ঘ)। এসব পাশাপাশি ঘনকের মধ্যে $Na^+$ আয়ন কেন্দ্রিক অষ্টতলক ও $Cl^-$ আয়ন কেন্দ্রিক অষ্টতলক কাঠামো সৃষ্টি হয়। (২) একটি অষ্টতলকীয় কেলাস জালি গঠনে আটটি ছোট আকারের ঘনক জড়িত থাকে। (৩) তখন কেলাসের ঘনক আকৃতির একক কোষের প্রতিটি তলকে দুটি একক কোষ শেয়ার করে এবং প্রতিটি কৌণিক বিন্দুকে আটটি একক কোষ শেয়ার করে। [চিত্র ১.২৬]




চিত্র ১.২৬ ঃ NaCl এর পৃষ্ঠতল কেন্দ্রিক কেলাসজালি গঠন।

(গ) ও (ঘ) দুটি ঘনকের বিপরীত তলদ্বয়ের কেন্দ্রে $Na^+$ অথবা $Cl^-$ থাকে। (ঙ) তুলনামূলক আকারসহ আয়নসমূহের কেলাস জালিতে বিন্যাস। (চ) কেলাস জালিতে $Na^+$ ও $Cl^-$ আয়নসমূহের বিন্যাস।

**(২) সিজিয়াম ক্লোরাইড গঠন (Caesium chloride structure) ঃ** সিজিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে $Cs^+$ ও $Cl^-$ আয়ন দ্বারা কেলাসের একক কোষ গঠিত হয়। এদেরকে গোলক হিসেবে গণ্য করা যায়; যাদের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 167 ও 181 pm (পিকোমিটার)। সুতরাং ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাত হল $\frac{167}{181} = 0.9$; যা 0.73 অপেক্ষা বেশি। অতএব আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধের অনুপাত ও ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যার সম্পর্ক থেকে বোঝা যায়, সিজিয়াম ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হল 8। আবার সিজিয়াম ক্লোরাইডের স্থূল সংকেত CsCl থেকে বোঝা যায় যে, অ্যানায়ন ($Cl^-$) এর সন্নিবেশ সংখ্যা হল 8। তাই ষড়ভুজীয় ঘন সন্নিবেশ ঘনক অথবা পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনক–এ দুয়ের কেলাস গঠনের কোনটিও $Cs^+Cl^-$ এর দ্বারা সম্ভব নয়। একমাত্র **দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন** (body centred cubic structure) এর একক কোষ দ্বারা $Cs^+Cl^-$ এর কেলাস গঠন সৃষ্টি হওয়া সম্ভব। [চিত্র ১.২৭]




চিত্র ১.২৭ ঃ সিজিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস একক।

কাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠনের ক্ষেত্রে ঘনকের কেন্দ্রে একটি $Cs^+$ আয়ন এবং ঘনকের আটটি কোণায় আটটি $Cl^-$ আয়ন অবস্থান নেয়। চিত্রে $Cs^+Cl^-$ এর ল্যাটিস কাঠামোতে $Cs^+$ ও $Cl^-$ আয়নের অবস্থান দেখানো হল। চিত্রে কেন্দ্রস্থ কালো গোলক হল $Cs^+$ এবং এর সাদা গোলকগুলো [ঘনকের আট কোণায়] হল $Cl^-$ আয়ন। ডট লাইন দ্বারা সিজিয়াম আয়ন ($Cs^+$) এর সাথে ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) এর সংযোগ বোঝানো হয়েছে। প্রত্যেকটি $Cs^+$ আয়নের

http://pdfcorner.com

চারদিকে আটটি $Cl^-$ আয়ন বিন্যস্ত আছে। আবার প্রত্যেক $Cl^-$ আয়নের চারদিকে আটটি $Cs^+$ আয়ন সন্নিবেশিত আছে। এরূপে দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন সৃষ্টি হয়। এরূপ গঠনে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 8 : 8 হয়।

## ১.৪৯। কেলাসের ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়মভিত্তিক গণনা
## Calculation based on Radius ratio rule of Crystal

**উদাহরণ ৪৫। $Ca^{2+}$ আয়নের ব্যাসার্ধে 99 pm এবং $F^-$ আয়নের ব্যাসার্ধ 136 pm। $CaF_2$ এর স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা কত?**

**সমাধান ঃ** এ যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ অনুপাত $= \frac{99}{136} = 0.73$; অতএব $CaF_2$ এ ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 8। যেহেতু $CaF_2$ সংকেত হতে দেখা যায় যে, ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যার অনুপাত 1 : 2, অর্থাৎ অ্যানায়নের সংখ্যা ক্যাটায়নের দ্বিগুণ, সেহেতু অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা ক্যাটায়নের অর্ধেক হবে।

সুতরাং ফ্লুরাইড আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা = 4

সুতরাং $CaF_2$ স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা = 8 : 4 **(উঃ)**।

**উদাহরণ ৪৬। $Ti^{4+}$ আয়নের ব্যাসার্ধ 68 pm, $O^{2-}$আয়নের ব্যাসার্ধ 140 pm। $TiO_2$ স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা কত?**

**সমাধান ঃ** এ যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাত $= \frac{68}{140} = 0.49$;

যা 0.414 – 0.72 এ সীমানার মধ্যে পড়ে। সুতরাং ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা = 6।

$TiO_2$ সংকেত হতে দেখা যায় যে, অক্সাইড আয়নের সংখ্যা টাইটেনিয়াম আয়নের দ্বিগুণ, সুতরাং অক্সাইড আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা টাইটেনিয়ামের অর্ধেক অর্থাৎ $6 \div 2 = 3$।

সুতরাং $TiO_2$ স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা = 6 : 3 **(উঃ)**।

**উদাহরণ ৪৭। $Cs^+$ ও $Cl^-$ আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 167 ও 181 pm। CsCl স্ফটিকের সন্নিবেশ সংখ্যা কত?**

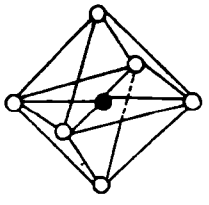
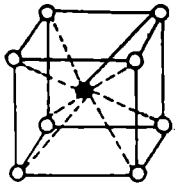
**সমাধান ঃ** এ স্ফটিকে আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধের অনুপাত $= \frac{167}{181} = 0.9$ যা 0.73 অপেক্ষা বেশি।

অতএব ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা = 8। CsCl সংকেত হতে দেখা যায় যে, অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা ক্যাটায়নের সমান হবে। অতএব অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যাও 8। সুতরাং CsCl স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা = 8 : 8 **(উঃ)**

এ সব উদাহরণ হতে স্পষ্ট যে, আয়নিক স্ফটিকের গঠনাকৃতি প্রধানত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাত দ্বারাই নির্ধারিত হয়।

http://pdfcorner.com

## ১·৫০। NaCl ও CsCl-এর কেলাস গঠনের তুলনামূলক সংক্ষিপ্ত বর্ণনা

| পার্থক্যসূচক | NaCl কেলাস | CsCl কেলাস |
|---|---|---|
| ১। আয়নের ব্যাসার্ধ ঃ | ১। সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) ও ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) এর ব্যাসার্ধ হল যথাক্রমে 95 pm ও 181 pm. | ১। সিজিয়াম আয়ন ($Cs^+$) ও ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) এর ব্যাসার্ধ হল যথাক্রমে 167 pm ও 181 pm. |
| ২। ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাত ঃ | ২। $\frac{Na^+ \text{ এর ব্যাসার্ধ}}{Cl^- \text{ এর ব্যাসার্ধ}} = \frac{95 \text{ pm}}{181 \text{ pm}}$ $= 0.525$ | ২। $\frac{Cs^+ \text{ এর ব্যাসার্ধ}}{Cl^- \text{ এর ব্যাসার্ধ}} = \frac{167 \text{ pm}}{181 \text{ pm}}$ $= 0.923$ |
| ৩। ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা ঃ | ৩। যেহেতু $Na^+$ ও $Cl^-$ এর ব্যাসার্ধ অনুপাত 0.525 হয়েছে; যা 0.72 ও 0.414 এর মধ্যে অবস্থিত; ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম মতে, তাই NaCl এর কেলাসে $Na^+$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হবে 6। | ৩। যেহেতু $Cs^+$ ও $Cl^-$ এর ব্যাসার্ধ অনুপাত 0.923 হয়েছে; যা 0.73 এর উর্ধ্বে; ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম মতে, তাই CsCl এর কেলাসে $Cs^+$ আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হবে 8। |
| ৪। অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা ঃ | ৪। যেহেতু NaCl এর ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা সমান আছে; সেহেতু অ্যানায়ন $Cl^-$ এর সন্নিবেশ সংখ্যাও $Na^+$ এর মত 6 হবে। | ৪। যেহেতু CsCl এ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা সমান আছে; সেহেতু অ্যানায়ন $Cl^-$ এর সন্নিবেশ সংখ্যাও $Cs^+$ এর মত 8 হবে। |
| ৫। কেলাসে আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যার অনুপাত ঃ | ৫। NaCl এর কেলাসে আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা হল 6:6 । | ৫। CsCl এর কেলাসে আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা হল 8:8 । |
| ৬। আয়নিক কেলাসের গঠন প্রকৃতি ঃ | ৬। সন্নিবেশ সংখ্যা অনুপাত 6:6 হওয়ায়, ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম মতে NaCl কেলাসের গঠন হল অষ্টতলকীয়।   চিত্র ঃ ১.২৮(ক) | ৬। সন্নিবেশ সংখ্যার অনুপাত 8:8 হওয়ায়, ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম মতে CsCl কেলাসের গঠন হল দেহ কাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয়।   চিত্র ঃ ১.২৮(খ) |

http://pdfcorner.com

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **বস্তুর তিন অবস্থা ঃ তাপমাত্রাভিত্তিক প্রতিটি বস্তুর তিনটি অবস্থা আছে–কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়।** এছাড়া প্লাজমা নামক চতুর্থ অবস্থাও থাকতে পারে।

✪ **একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন বস্তুর ভিন্ন অবস্থায় থাকার কারণ ঃ** কোন পদার্থের গলনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার চেয়ে বেশি হলে, তা সে তাপমাত্রায় কঠিন অবস্থায় থাকবে। কোন পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রা হতে কম হলে, তা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকবে। যদি কোন পদার্থের গলনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার চেয়ে কম, আবার স্ফুটনাঙ্ক কক্ষতাপমাত্রার চেয়ে বেশি হয়, তবে তা সে তাপমাত্রায় তরল অবস্থায় বিরাজ করে।

✪ **পদার্থের গঠন ঃ** সব পদার্থ অসংখ্য অতীব ক্ষুদ্র কণিকা দ্বারা গঠিত। সমযোজী পদার্থসমূহের ক্ষেত্রে এ সব কণিকা হচ্ছে যৌগের অণু। আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে এ সব কণিকা হচ্ছে যৌগ সৃষ্টিকারী আয়নসমূহ।

কঠিন পদার্থের অণু বা কণিকাসমূহের কম্পন গতি থাকে; তরল পদার্থের বেলায় অণুসমূহের কম্পন, আবর্তন কিছুটা স্থানান্তর গতি থাকে।

✪ **গ্যাসীয় পদার্থের গঠন ঃ** গ্যাসীয় পদার্থের কণিকা বা অণুসমূহ স্বাধীনভাবে দ্রুত ইতস্তত সঞ্চরণশীল এবং স্থানান্তর গতি বেশি হওয়ায় তারা পরস্পর হতে অনেক দূরে থাকে। এ কারণে গ্যাসীয় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকৃতি বা আয়তন নেই। যখন যে পাত্রে কোন গ্যাসকে রাখা হয়, তখন তা সে পাত্রের আকৃতি ও আয়তন ধারণ করে।

✪ **আন্তঃআণবিক বল ঃ** একই যৌগের অণুসমূহের মধ্যে যে পারস্পরিক আকর্ষণ বিদ্যমান, তাকে আন্তঃআণবিক বল বা ভ্যানডার ওয়ালস বল বলা হয়। অণুতে রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে আন্তঃআণবিক বল বিভিন্ন পরিমাণের হয়।

✪ **গ্যাসের সূত্রসমূহ ঃ** গ্যাসের ভৌত ধর্মের উপর গবেষণা করে বিজ্ঞানিগণ যে সব সাধারণ সূত্র আবিষ্কার করেছেন, তাদেরকে গ্যাসসূত্র বলা হয়। এ সূত্রসমূহ হচ্ছে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, গে–লুস্যাকের চাপের সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্র, গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র ও ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র।

✪ **বয়েলের সূত্র ঃ** স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক। গাণিতিক ভাষায় $PV$ = ধ্রুবক।

✪ **চার্লসের সূত্র ঃ** স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসে 0°C তাপমাত্রায় তার আয়তনের 1/273 ভাগ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। গাণিতিক ভাষায়, $V_t = V_o (273 + t)/ 273$ । এ সূত্রকে অন্যভাবেও প্রকাশ করা যায়, "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।" গাণিতিক ভাষায়, $V \propto T$

✪ **অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ** একই তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের সব গ্যাসে সমসংখ্যক অণু থাকে।

✪ **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ঃ** সকল পদার্থের 1 mol পরিমাণে যে সংখ্যক অণু থাকে, তাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলা হয়। এর মান হচ্ছে $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ molecules $mol^{-1}$.

✪ **গে–লুস্যাকের চাপের সূত্র ঃ** স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ তার পরম তাপমাত্রার সাথে সমানুপাতিক। গাণিতিক ভাষায়, $P \propto T$.

✪ **ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ** কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ তাপমাত্রায় তার উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপসমূহের যোগফলের সমান। কোন গ্যাস মিশ্রণের কোন একটি উপাদান গ্যাস ঐ

http://pdfcorner.com

তাপমাত্রায় মিশ্রণের সমস্ত আয়তন একাকী দখল করলে যে চাপ প্রয়োগ করত, তাকে ঐ উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলা হয়। গাণিতিক ভাষায়, $P_m = P_1 + P_2 + P_3$

✪ **মোল ভগ্নাংশ ঃ** কোন মিশ্রণে একটি উপাদানের মোল সংখ্যাকে উক্ত মিশ্রণের সব উপাদানের মোল সংখ্যার যোগফল দ্বারা ভাগ করলে যে ভাগফল পাওয়া যায়, তাকে সে উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বলা হয়।

✪ **গ্যাস মিশ্রণে কোন উপাদানের আংশিক চাপ** = গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ × সে উপাদানের মোল ভগ্নাংশ।

✪ **ব্যাপন ঃ** প্রাপ্ত স্থানে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলা হয়।

✪ **নিঃসরণ ঃ** বাহ্যিক চাপের প্রভাবে সরুছিদ্র পথ দিয়ে কোন গ্যাসের বের হয়ে আসাকে নিঃসরণ বা অনুব্যাপন বলা হয়।

✪ **গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র ঃ** নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ব্যাপন হার তার ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। গাণিতিক রূপে এ সূত্র হচ্ছে, $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$

✪ **গ্যাসের গতিতত্ত্ব ঃ** গ্যাসসমূহের সাধারণ ভৌত ধর্মসমূহ ব্যাখ্যায় বিজ্ঞানিগণ কর্তৃক প্রদত্ত ও গৃহীত তত্ত্বসমূহের সমষ্টিগত রূপকে গ্যাসের গতিতত্ত্ব বলা হয়।

✪ **গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্বের উল্লেখযোগ্য স্বীকার্যসমূহ হচ্ছে, (১) যে কোন গ্যাস অসংখ্য ক্ষুদ্র কণিকা বা অণু দ্বারা গঠিত। (২) অণুসমূহের মোট আয়তন গ্যাসাধারের আয়তনের তুলনায় নগণ্য। (৩) অণুসমূহের নিজেদের মধ্যে এবং অণু ও গ্যাসাধারের দেওয়ালের মধ্যে কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ নেই। (৪) গ্যাসের অণুসমূহ ইতস্তত সব দিকে দ্রুতগতিতে সঞ্চরণশীল, ফলে তাদের মধ্যে এবং দেওয়ালের সাথে অণুগুলোর অবিরাম সংঘর্ষ হয়, তখন অণুসমূহের গতির দিক পরিবর্তিত হয়। (৫) অণুসমূহ সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক, তাদের সংঘর্ষসমূহ সম্পূর্ণরূপে স্থিতিস্থাপক। (৬) গ্যাসাধারের দেওয়ালের উপর গ্যাসের অণুসমূহের অবিরাম সংঘর্ষের ফলেই গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয়। (৭) অণুসমূহের মোট গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

✪ **অণুসমূহের গড় গতিবেগ ঃ** কোন গ্যাসের অণুসমূহের বিভিন্ন গতিবেগের পাটীগণিতীয় গড়কে সে গ্যাসের অণুসমূহের গড় গতিবেগ বলা হয়।

✪ **বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ ঃ** কোন গ্যাসের অণুসমূহের গতিবেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে সে গ্যাসের অণুসমূহের বর্গমূল গড়–বর্গ গতিবেগ বা বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলা হয়।

✪ **গ্যাসসমূহের গতীয় সমীকরণ ঃ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে তাত্ত্বিকভাবে যে সমীকরণ পাওয়া যায়, তাকে গ্যাসসমূহের গতীয় সমীকরণ বলা হয়। এটি হচ্ছে, $PV = \frac{1}{3} mNc^2$

✪ **আদর্শ গ্যাস ঃ** যে গ্যাস সব তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসসূত্রসমূহ যথা বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো সূত্র পুরোপুরি মেনে চলে, তাকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়। অথবা, যে গ্যাস সব তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ এ সমীকরণটি মেনে চলে, তাকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়।

✪ **বাস্তব গ্যাস ঃ** বাস্তবে যে সব গ্যাস পাওয়া যায়, তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলা হয়। যেমন, $CO_2, H_2, O_2$ .

✪ **বাস্তব গ্যাসসমূহের অনাদর্শ আচরণের কারণ—** (১) গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন গ্যাসাধারের আয়তনের তুলনায় একেবারে নগণ্য নয়। (২) গ্যাসাণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বিদ্যমান।

✪ **বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণের শর্ত ঃ** উচ্চতাপমাত্রা ও নিম্নচাপে বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ করে।

http://pdfcorner.com

✪ **জুল-থমসন প্রভাব ঃ** কোন গ্যাসকে উচ্চচাপে সঙ্কুচিত করে সছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে নিম্নচাপ বিশিষ্ট একটি বিরাট কক্ষে হঠাৎ সম্প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটির তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ প্রতিভাসকে জুল-থমসন প্রভাব বলা হয়। এ প্রভাব হতে বোঝা যায় যে, গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বিদ্যমান।

✪ **গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণের প্রমাণ ঃ** জুল-থমসন পরীক্ষা থেকে এ আকর্ষণের প্রমাণ পাওয়া যায়। এছাড়া গ্যাসের তরলীকরণ ও কঠিন অবস্থায় রূপান্তর এ আকর্ষণের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

✪ **অ্যানড্রুজের পরীক্ষা থেকে সিদ্ধান্ত ঃ** প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা আছে, যার উপরে যথেষ্ট চাপ প্রয়োগ করেও সে গ্যাসকে তরলিত করা যায় না। ঐ তাপমাত্রাকে সে গ্যাসের ক্রান্তি তাপমাত্রা বলে। তথাকথিত চিরন্তন গ্যাসসমূহকে পূর্বে তরলিত করতে না পারার কারণ হচ্ছে, পূর্বে সাধারণ তাপমাত্রায় প্রচুর চাপ প্রয়োগে তরল করার চেষ্টা হয়েছিল, অথচ এদের ক্রান্তি তাপমাত্রা অনেক কম।

✪ **ক্রান্তি বা সন্ধি তাপমাত্রা ঃ** যে তাপমাত্রার উপরে চাপ প্রয়োগ করেও কোন গ্যাসীয় পদার্থকে তরলিত করা যায় না, অথচ সে তাপমাত্রা ও তার নিচে সে গ্যাসকে প্রয়োজনীয় চাপ প্রয়োগে তরলে রূপান্তরিত করা যায়, তাকে সে পদার্থের ক্রান্তি বা সন্ধি তাপমাত্রা বলা হয়।

✪ **ক্রান্তি বা সন্ধি চাপ ঃ** কোন গ্যাসকে তার ক্রান্তি তাপমাত্রায় তরলিত করতে সর্বনিম্ন যে চাপ প্রয়োগ করতে হয়, তাকে সে পদার্থের ক্রান্তি বা সন্ধি চাপ বলা হয়।

✪ **ক্রান্তি বা সন্ধি আয়তন ঃ** কোন পদার্থের ক্রান্তি তাপমাত্রা ও ক্রান্তি চাপে তার এক মোল পরিমাণের আয়তনকে তার সন্ধি বা ক্রান্তি আয়তন বলা হয়।

✪ **বাষ্পচাপ ঃ** কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে চাপে একটি তরল পদার্থ ও তার বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকে, তাকে ঐ তাপমাত্রায় সে তরল পদার্থের বাষ্পচাপ বলা হয়।

✪ **গ্যাসের তরলীকরণের শর্ত ঃ** (১) গ্যাসের তাপমাত্রা তার সন্ধি তাপমাত্রার নিচে আনতে হবে। (২) তাপমাত্রা হ্রাসের পরে সে পদার্থের বাষ্পীয় চাপের চেয়ে বেশি চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসটি তরলে পরিণত হবে।

✪ **একক সেল ঃ** একটি কেলাসের ক্ষুদ্রতম যে অংশে পুনরাবৃত্তি ব্যতীত সব মৌলিক অংশ বিদ্যমান, তাকে একক সেল বলা হয়।

✪ **ধাতুর কেলাসের গঠন ঃ** ধাতু কেলাসের গঠন বিভিন্ন ধরনের হয়, তন্মধ্যে প্রধান তিনটি হচ্ছে— (১) ষড়ভুজীয় সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত গঠন, (২) পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন এবং (৩) দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় গঠন।

✪ **ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম ঃ** কোন আয়নিক যৌগের কেলাস কোন্ গঠনবিশিষ্ট হবে তা ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। এ অনুপাত 0.73 ও তার উর্ধ্বে হলে ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 8; অনুপাত 0.414 এর উপরে ও 0.72 এর নিচে হলে ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 6 এবং অনুপাত 0.23 হতে 0.413 এর মধ্যে হলে ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 4 হবে। যৌগের সংকেত এবং ক্যাটায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা দ্বারা অ্যানায়নের সন্নিবেশ সংখ্যা নির্ধারিত হয়।

✪ **আয়নিক কেলাসের গঠন ঃ** (১) সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠন, (২) সিজিয়াম ক্লোরাইড গঠন হল যথাক্রমে সুষম অষ্টতলকীয় ও দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয়। উভয় কেলাস গঠন ঘনকীয় সিস্টেমের বিভিন্ন রূপ।



http://pdfcorner.com

# অনুশীলনী–১ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

## ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন
## বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) পদার্থ কী? পদার্থের অণুর গতীয় স্বাতন্ত্র্যমাত্রার বিচারে পদার্থের তিন অবস্থা যেমন কঠিন, তরল ও গ্যাসের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।
(খ) আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বলতে কী বুঝ? এর উপর তাপমাত্রার প্রভাব ও পদার্থের ভৌত অবস্থা কীরূপে নির্ভরশীল তা ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০০১]
(গ) আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের পরিমাণের উপর ভিত্তি করে যৌগসমূহকে কয়ভাগে ভাগ করা যায়? প্রতিটি শ্রেণী সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

২। (ক) গ্যাস কী? গ্যাসীয় অবস্থার সাধারণ বৈশিষ্ট্য কী কী? [ব. বো. ২০০২; চ. বো. ২০০৬]
(খ) বয়েলের সূত্রটি বিবৃত কর এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।
অথবা, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কীয় সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

৩। (ক) চার্লসের সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।
অথবা, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কীয় সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। [য. বো. ২০০৫]
(খ) দেখাও যে, –273°C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়। [ব. বো. ২০০৬]
(গ) পরমশূন্য তাপমাত্রা বলতে কী বোঝায়? পরম তাপমাত্রা স্কেল কীরূপে প্রতিষ্ঠিত হয় তা ব্যাখ্যা কর।
[কু. বো. ২০০৬, ২০০৯; সি. বো. ২০০৭, ২০১১; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৮, ২০১১; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০০৯]
অথবা, চার্লসের সূত্র থেকে কীরূপে পরম তাপমাত্রা স্কেলের উদ্ভব ঘটে; তা ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০০৪; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; রা. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৫]
(ঘ) পরমশূন্য তাপমাত্রা কী? এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০]

৪। (ক) আদর্শ গ্যাস কী? বয়েলের ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণ $\left(\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}\right)$ বা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। [রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০২; ঢা. বো. ২০০৩]
(খ) আদর্শ গ্যাস কী? নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক সমীকরণ $PV = KT$ প্রতিষ্ঠা কর। [চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৭]
(গ) দেখাও যে, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক অর্থাৎ $PV \propto T$। [য. বো. ২০০৩]

৫। (ক) বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্র থেকে আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ ($PV = nRT$) প্রতিষ্ঠা কর। [ঢা. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৬, ২০১০]
(খ) আদর্শ গ্যাস কী? গ্যাস সূত্রসমূহের সমন্বয় করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি ($PV = nRT$) প্রতিপাদন কর। [চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬, ২০১০; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; য. বো. ২০০৮]
অথবা, আদর্শ গ্যাস কী? এক মোল আদর্শ গ্যাসের জন্য দেখাও যে, $PV = RT$ (প্রতীকসমূহ প্রচলিত অর্থবহ)। [ব. বো. ২০০৯]

৬। (ক) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; চ. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৭, ২০১১; রা. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

(খ) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রটি লেখ। দেখাও যে, গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদানের আংশিক চাপ ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলের সমান।[চ. বো. ২০০৬, ২০১০; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৬, ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]

(গ) গ্যাসের আংশিক চাপ কী? গ্যাস মিশ্রণের উপাদানের আংশিক চাপ ও মোল ভগ্নাংশের সাথে মিশ্রণের মোট চাপের সম্পর্ক দেখাও। [সি. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৮]

৭। $V_1$ ও $V_2$ আয়তনবিশিষ্ট দুটি পাত্রে দুটি পৃথক গ্যাস আছে এবং তাদের চাপ যথাক্রমে $P_1$ ও $P_2$। পাত্র দুটিকে একটি সরু নল দ্বারা সংযুক্ত করলে মিশ্রিত গ্যাসের চাপ কত হবে তা বের কর।

৮। (ক) গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি লেখ ও ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৭]

(খ) গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি লেখ। গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র হতে কোন গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। [রা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; দি. বো. ২০১০]

৯। গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে কীভাবে হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়, তা আলোচনা কর।

১০। গ্যাসের গতিতত্ত্ব কী? গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ লেখ। গ্যাসের গতিতত্ত্বের গতীয় সমীকরণটি লেখ। [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৭, ২০১০; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; রা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০০৭, ২০১০]

১১। আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসের নিম্নোক্ত সূত্রগুলো উপপাদন কর ঃ

(i) বয়েলের সূত্র; [কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮; য. বো. ২০০৬, ২০১০; ব. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮]

(ii) চার্লসের সূত্র; [ঢা. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৬, ২০১০; য. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮; রা, বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১১]

(iii) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র; [ঢা. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮, ২০১১; চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৫, ২০১১]

(iv) গ্রাহামের সূত্র। [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০১১; দি, বো. ২০১১]

(v) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র।

১২। গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগের বিতরণ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

১৩। (ক) অ্যামাগা'র পরীক্ষাটি লেখচিত্র সহকারে বর্ণনা কর। [য. বো. ২০০৭]

(খ) অ্যামাগা'র পরীক্ষা থেকে কী সিদ্ধান্ত পাওয়া যায়? [য. বো. ২০০৭]

১৪। বাস্তব গ্যাস কী? বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

অথবা, বাস্তব গ্যাস কী? বাস্তব গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালসের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।

১৫। অ্যানড্রুজের পরীক্ষা লেখচিত্র সহকারে বর্ণনা কর। এ পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত সিদ্ধান্তসমূহ বা গ্যাসের ক্রান্তি প্রতিভাস সম্বন্ধে যে তথ্য পাওয়া যায় তা লেখ।

১৬। গ্যাসীয় পদার্থের ক্রান্তি তাপমাত্রা, ক্রান্তি চাপ ও ক্রান্তি আয়তনের সংজ্ঞা উদাহরণসহ লেখ।

১৭। (ক) কোন গ্যাসকে তরলীকরণের প্রয়োজনীয় শর্তগুলো লেখ।

(খ) গ্যাস তরলীকরণের দুটি প্রয়োগপদ্ধতি উদাহরণসহ লেখ।

(গ) গ্যাস তরলীকরণে সন্ধি তাপমাত্রার গুরুত্ব লেখ।

১৮। (ক) তরল পদার্থের বাষ্পচাপ বলতে কী বুঝ?

(খ) গ্যাসের গতিতত্ত্বের আলোকে তরল পদার্থের বাষ্পচাপের ব্যাখ্যা দাও।

http://pdfcorner.com

১৯। (ক) কেলাসের একক কোষ বা সেল বলতে কী বুঝ? [কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৬, ২০০৯; সি. বো. ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

(খ) ধাতুর কেলাসের ক্ষেত্রে—

(i) ষড়ভুজীয় সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত কেলাস গঠন বা h.c.p. গঠন বর্ণনা কর।

(ii) পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন বা f.c.c. গঠন বর্ণনা কর।

(iii) দেহকাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস গঠন বা b.c.c. গঠন ব্যাখ্যা কর।

২০। $Na^{+}Cl^{-}$ এর কেলাস গঠন সহজ চিত্রসহ বর্ণনা কর। [কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৬, ২০০৯; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; ঢা. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৬, ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

২১। (ক) $Cs^{+}Cl^{-}$ এর কেলাস গঠন সহজ চিত্রসহ বর্ণনা কর।

(খ) NaCl ও CsCl এর কেলাস গঠনের তুলনামূলক সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) পদার্থের প্লাজমা অবস্থা বলতে কী বুঝ?

(খ) তরল–স্ফটিক কী? তরল স্ফটিকের গাঠনিক বৈশিষ্ট্য ও দুটি ব্যবহার লেখ।

২। গ্যাসসূত্রসমূহ কয়টি ও কী কী?

৩। (ক) বয়েলের সূত্র বিবৃত কর।

(খ) আইসোথার্ম বা সমোষ্ণ লেখ কী?

৪। (ক) SI পদ্ধতিতে গ্যাসের চাপ ও আয়তনের একক কী? [ঢা. বো. ২০০৯]

(খ) প্যাসকেল কী?

(গ) STP ও SATP বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৭, ২০১০; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

৫। চার্লসের সূত্র অথবা গে–লুস্যাকের সূত্র বিবৃত কর।

৬। পরমশূন্য তাপমাত্রা কী? [ব. বো. ২০০৭]

৭। পরম তাপমাত্রা স্কেল কী?

৮। অ্যাভোগাড্রো সূত্র কী?

৯। আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ কী? এ সমীকরণের ২টি ব্যবহার লেখ। [রা. বো. ২০১০]

১০। (ক) মোলার গ্যাস ধ্রুবক বা সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলতে কী বুঝ? [সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৬]

(খ) R-এর মাত্রা ও তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯]

(গ) R এর মান L. atm চাপ এককে গণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬]

(ঘ) R-এর মান SI এককে গণনা কর। [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৬, ২০১১; চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৬, ২০১০; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯, ২০১১]

(ঙ) R-এর মান সি. জি. এস. এককে নির্ণয় কর।

(চ) বোলটজম্যান ধ্রুবক কী? [সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭]

১১। গে–লুস্যাকের চাপের সূত্র বিবৃত কর।

http://pdfcorner.com

১২। (ক) ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র বিবৃত কর।
(খ) গ্যাসের আংশিক চাপ বলতে কী বুঝ?

১৩। (ক) গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর। [কু. বো. ২০০৭]
(খ) গ্যাসের ব্যাপন ও অনুব্যাপন বা নিঃসরণ বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০১০]
(গ) গ্যাসের ব্যাপন ও নিঃসরণের মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ।
(ঘ) $NH_3(g)$ ও $HCl(g)$ এর মধ্যে কোন্‌টির ব্যাপন হার বেশি এবং কেন? [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০০৯; চ. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৭]

১৪। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্ব কী? এর স্বীকার্যসমূহ উল্লেখ কর।
(খ) গ্যাসের গতিতত্ত্ব মতে গ্যাসের চাপ কীরূপে সৃষ্টি হয়?
(গ) গ্যাসের অণুর সংঘর্ষ ব্যাস ও গড় মুক্ত পথ বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০১০]

১৫। (ক) গ্যাসের গড় বেগ ও বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০১১]
(খ) বর্গমূল গড় বর্গবেগ কী? এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০১০]
(গ) r.m.s. বেগ, তাপমাত্রা ও মোলার ভরের সম্পর্ক সূচক সমীকরণটি লেখ।

১৬। (ক) আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস কী? [ঢা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৮, ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৫]
(খ) বাস্তব গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ কী?
(গ) n-মোল গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালের সমীকরণটি লেখ। [সি. বো. ২০০৬]
(ঘ) 32 g অক্সিজেন গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালের সমীকরণ লেখ। [দি. বো. ২০১০]
(ঙ) 44 g $CO_2$ গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালের সমীকরণটি লেখ। [চ. বো. ২০০৭]

১৭। (ক) জুল–থমসন প্রভাব বা ফলাফল কী? [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৭, ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০০৯; চ. বো. ২০০৬, ২০১০; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; সি. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]
(খ) গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ শক্তির প্রমাণ কীরূপে পাওয়া যায়?
(গ) জুল থমসন প্রভাবের সাহায্যে সকল গ্যাসকে তরল করা যায় না কেন? [ঢা. বো. ২০১০]

১৮। (ক) সন্ধি বা ক্রান্তি বা সংকট তাপমাত্রা কী? $CO_2$ এর ক্রান্তি তাপমাত্রা কত? [ঢা. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৫; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; সি. বো. ২০০৯, ২০১১]
(খ) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ বলতে কী বুঝ? $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা কত? [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯, ২০১১]
(গ) $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা 31.1°C-এর অর্থ কী?
(ঘ) বাংলাদেশে শীতকালে $CO_2$ গ্যাসকে শুধুমাত্র 73 atm চাপ দিয়ে তরলীভূত করা যায়—ব্যাখ্যা কর।

১৯। গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য কী? [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]

২০। কঠিন পদার্থের বা কেলাসের একক কোষ কী? একক কোষ কত প্রকার ও কী কী? [ঢা. বো. ২০০৮]

২১। $N\overset{+}{a}Cl^{-}$ এর কেলাস কোন্ শ্রেণীভুক্ত? তা যুক্তিসহ লেখ।

২২। সিজিয়াম ক্লোরাইড কেলাস গঠন কোন্ শ্রেণীভুক্ত?

২৩। আয়নিক কেলাসের ক্ষেত্রে ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম কী?

২৪। **ব্যাখ্যা কর ঃ**
(ক) উচ্চতাপমাত্রা ও নিম্নচাপে বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।
(খ) জুল–থমসন পরীক্ষায় সাধারণত গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। [ব. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮]
(গ) $H_2$, $N_2$, $O_2$–প্রভৃতি গ্যাসকে অ্যানড্রুজের পরীক্ষার পূর্বে তরলে পরিণত করা যেত না।

http://pdfcorner.com

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমাধানমূলক প্রশ্ন

**(ক) বয়েলের সূত্রভিত্তিক ঃ সমীকরণ ঃ $P_1V_1 = P_2V_2$**

১। স্থির তাপমাত্রায় 1.3 atm চাপে 500 mL আয়তনের একটি গ্যাসকে 1 atm চাপে আনা হল। বর্তমানে তার আয়তন কত হবে? [উঃ 650 mL]

২। স্থির তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের আয়তন 540 mL থেকে হ্রাস করে 320 mL করা হল। যদি প্রাথমিক চাপ 63.3 kPa হয়ে থাকে, তবে সংকোচনের পর এর চাপ কত হবে? [উঃ 106.82 kPa]

৩। (ক) 35.0 $m^3$ আয়তনের একটি পাত্রে কিছু নাইট্রোজেন গ্যাস 175 kPa চাপ দেয়। একই তাপমাত্রায় 50.0 $m^3$ আয়তনের অন্য একটি পাত্রে গ্যাসটি স্থানান্তরিত করা হলে ঐ পাত্রে গ্যাসের চাপ কত হবে? [উঃ 122.5 kPa]

(খ) 25°C তাপমাত্রায় 125 $cm^3$ আয়তনের পাত্রে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস 99.99 kPa চাপে আছে। একই তাপমাত্রায় 150 $cm^3$ আয়তনের পাত্রে ঐ গ্যাসকে স্থানান্তরিত করা হলে গ্যাসটির চাপ কত হবে? [উঃ 83.325 kPa] [কু. বো. ২০০৫]

৪। (ক) স্থির তাপমাত্রায় 100 kPa চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 1L হয়। 125 kPa চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উঃ 0.8 L]

(খ) স্থির তাপমাত্রায় 1000 kPa চাপে একটি মার্বেলসহ কোন গ্যাসের আয়তন 150 $cm^3$ এবং 1500 kPa চাপে মার্বেলসহ ঐ গ্যাসের আয়তন 120 $cm^3$ হলে মার্বেলের আয়তন কত? [উঃ 60 $cm^3$] [চ. বো. ২০০৫]

৫। 25° C তাপমাত্রায় 50 L আয়তনের একটি সিলিন্ডার 15 atm চাপে বায়ু দ্বারা পূর্ণ আছে। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ 25° C তাপমাত্রায় 1 atm হয় এবং ঐ সিলিন্ডারের মুখ খুলে দেয়া হয়, তবে কত লিটার বায়ু সিলিন্ডার থেকে বের হয়ে যাবে? [উঃ 700 L]

**(খ) চার্লসের সূত্রভিত্তিক ঃ সমীকরণ ঃ $V_1/T_1 = V_2/T_2$**

৬। স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের তাপমাত্রা কত বাড়ালে তার আয়তন দ্বিগুণ হবে? [উঃ 273°C প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C হলে]

৭। স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের তাপমাত্রা 25°C হতে কত ডিগ্রি সেন্টিগ্রেডে উন্নীত করলে তার আয়তন দ্বিগুণ হবে? [উঃ 323°C]

৮। স্থির চাপে 0.75 L কোন গ্যাসকে 27°C তাপমাত্রা থেকে 15°C তাপমাত্রায় শীতল করা হল। গ্যাসটির আয়তন কত হবে? [উঃ 0.72 L]

৯। স্থির চাপে ও 20°C তাপমাত্রায় 1600 mL চেতনানাশক গ্যাস কোন রোগীর শরীরে প্রবেশ করানো হয়। রোগীর দেহের তাপমাত্রা 37°C হলে প্রবিষ্ট গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উঃ 1692.83 mL]

১০। স্থির চাপে ও 100°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের নিয়ন গ্যাসের আয়তন 200 mL হলে 0°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উঃ 146.38 mL]

**(গ) আদর্শ গ্যাস সমীকরণভিত্তিক ঃ সমীকরণ ঃ (i) $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$; (ii) $PV = nRT$; (iii) $d = \frac{PM}{RT}$**

১১। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 910 mL হলে 728 mm (Hg) চাপে এবং 27°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উঃ 1.044 L] [ঢা. বো. ২০০৯]

১২। 27°C তাপমাত্রার 5 atm চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 L হয়। 24°C তাপমাত্রায় কত চাপে সে গ্যাসটির আয়তন 1.5 L হবে? [উঃ 3.3 atm]

১৩। 17°C তাপমাত্রায় ও 0.987 atm চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 1 L হয়। কত ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে গ্যাসটির আয়তন 1.2 L হবে? [উঃ 79.58° C]

১৪। নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের তাপমাত্রা 25°C হতে কত ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড বাড়ালে তার আয়তন তিনগুণ হবে, যদি একই সাথে তার উপর চাপ 1 atm থেকে 0·5 atm-এ অবনমিত করা হয়? [উঃ 149°C]

১৫। 25°C তাপমাত্রায় 0.987 atm চাপে একটি বেলুনের ধারণ ক্ষমতা 0.5 L। 15°C তাপমাত্রায় 0.93 atm চাপে বেলুনটির ধারণ ক্ষমতার কী পরিবর্তন হবে? [উঃ 0.0128 L বৃদ্ধি পায়]

http://pdfcorner.com

১৬। 17°C তাপমাত্রায় একটি কঠিন বস্তুসহ কোন গ্যাসের নির্দিষ্ট ভরের আয়তন 100 mL হয়। ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা 54°C এবং চাপ দ্বিগুণ করা হলে কঠিন বস্তুসহ গ্যাসের আয়তন 59.3 mL হয়। কঠিন বস্তুটির আয়তন কত? [উঃ 6.696 $cm^3$] [কু. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৪; সি. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৯]

১৭। 27°C তাপমাত্রায় 75 cm (Hg) চাপে 25 L আয়তনে কত মোল $CO_2$ বিদ্যমান? [উঃ 1.0029 mol]

১৮। (ক) 27°C তাপমাত্রায় ও 1.05 atm চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 3.5 L হয়। প্রমাণ অবস্থায় এর আয়তন কত হবে? এতে কত mol গ্যাস বিদ্যমান? [উঃ 3.3443 L; 0.1492 mol]

(খ) 23°C তাপমাত্রায় এবং 7.08 atm চাপে 12.0 L আয়তনের একটি গ্যাস সিলিন্ডারে $H_2$ গ্যাস ভর্তি আছে। ঐ সিলিন্ডারে কত মোল $H_2$ গ্যাস আছে? [উঃ 3.50033 mol] [কু. বো. ২০০৩]

১৯। (ক) 20°C তাপমাত্রায় ও 740 mm (Hg) চাপে 0.842g একটি গ্যাস 400 mL আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর কত ? [উঃ 51.94] [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১০]

(খ) 30°C তাপমাত্রায় এবং 95 kPa চাপে 250 mL গ্যাসের ভর 0.2 g হয়। ঐ গ্যাসের আণবিক ভর কত? [উঃ 21.2] [চ. বো. ২০০৮, ২০১১; কু. বো. ২০০৯]

(গ) 100°C তাপমাত্রায় ও 1.0526 atm চাপে $CO_2$ গ্যাসের ঘনত্ব কত? [উঃ 1.514 $gL^{-1}$] [ব. বো. ২০০৭]

২০। 100°C তাপমাত্রায় 0.987 atm চাপে একটি তরল পদার্থের 0.802 g সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করায় তা 0.35 L আয়তন দখল করে। তরল পদার্থটির আণবিক ভর কত? [উঃ 71.01]

২১। 25°C তাপমাত্রা 0.921 atm চাপে 20 g $CO_2$-এর আয়তন কত? [উঃ 12.06 L]

২২। একটি গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব 15। 25°C বা 298 K তাপমাত্রায় ও 101.3 kPa চাপে একটি গ্যাসের 5.6 g এর আয়তন নির্ণয় কর। [$PV = \frac{W}{M}RT$] [উঃ 4.563 L] [চ. বো. ২০০১]

২৩। 27°C তাপমাত্রায় 18 g অক্সিজেন গ্যাস 4 L স্থান দখল করলে তার চাপ কত? [উঃ 3.459 atm]

২৪। আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে $3 \times 10^{-3}$ $m^3$ গ্যাসের ভর $4.5 \times 10^{-3}$ kg হয়। 27°C উষ্ণতা ও 101.99 kPa চাপে $4.0 \times 10^{-4}$ $m^3$ গ্যাসের ভর নির্ণয় কর। [উঃ $5.496 \times 10^{-4}$ kg] [য. বো. ২০০৪]

২৫। (ক) একজন লোক এক নিঃশ্বাসে 200 mL বায়ু গ্রহণ করে। বায়ুর তাপমাত্রা 27°C এবং সে সময়ে বাতাসের চাপ 750 mm (Hg) হলে লোকটি একবারে কতখানি গ্যাসাণু গ্রহণ করে? [উঃ $4.8315147 \times 10^{21}$ টি]

(খ) STP তে 1 mole $CO_2$ গ্যাসের পেষণ–গুণাঙ্ক 0.058 হয়। 27°C তাপমাত্রায় এবং 100 kPa চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত? [উঃ 1.445 L]

**(ঘ) গ্যাসের ঘনত্ব ও চাপের সূত্রভিত্তিক ঃ** (i) $d_1T_1/P_1 = d_2T_2/P_2$, (ii) $P_1/T_1 = P_2/T_2$

২৬। S.T.P-তে নাইট্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব 14 g/mL। 2 atm চাপ ও 25°C-এ এর ঘনত্ব কত হবে? [উঃ 25.65 g/mL]

২৭। (ক) একটি নাইট্রোজেন সিলিন্ডার 300 atm চাপ সহ্য করতে পারে। সিলিন্ডারটিকে 25°C তাপমাত্রায় 250 atm চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা হল। উত্তপ্ত চুল্লির নিকটে রাখা সিলিন্ডারটি কত তাপমাত্রায় বিস্ফোরিত হবে? [উঃ 84.6° C]

(খ) একটি অক্সিজেন সিলিন্ডার 300 atm চাপ সহ্য করতে পারে। ঐ সিলিন্ডারটিকে 150 atm ও 27°C এ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। কত তাপমাত্রায় সিলিন্ডারটি বিস্ফোরিত হবে? [উঃ 327°C] [সি. বো. ২০০৭]

২৮। একটি লৌহ সিলিন্ডারে 250 kPa চাপে ও 300 K তাপমাত্রায় হিলিয়াম গ্যাস ভর্তি আছে। সিলিন্ডারটি $1 \times 10^3$ kPa চাপ সহ্য করতে পারে এবং সিলিন্ডারের গলনাঙ্ক হল 1800 K। ঐ গলনাঙ্ক তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ কত হবে? সিলিন্ডারটি তখন গলতে থাকবে নাকি বিস্ফোরিত হবে? [উঃ $1.5 \times 10^3$ kPa; বিস্ফোরিত হবে]

**(ঙ) ডালটনের আংশিক চাপভিত্তিক ঃ সমীকরণ ঃ** (i) $P_m = P_1 + P_2 + P_3 \ldots$ (ii) $P_m(V_1 + V_2) = P_1V_1 + P_2V_2$

২৯। 700 mL আয়তনের একটি পাত্র 70 cm (Hg) চাপে অ্যামোনিয়া দ্বারা পূর্ণ আছে। 500 mL আয়তনের আরেকটি পাত্র 80 cm (Hg) চাপে নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ আছে। তাপমাত্রা স্থির রেখে পাত্র দুটিকে স্টপকক দ্বারা যুক্ত করে গ্যাস দুটিকে মিশতে দিলে মিশ্রিত গ্যাসের চাপ কত হবে? [উঃ 74.17cm (Hg) প্রায়]

http://pdfcorner.com

৩০। (ক) 17°C তাপমাত্রায় ও 105 kPa চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাসকে পানির উপরে সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে এর আয়তন কত হবে? দেয়া আছে যে, 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.25 kPa। [উঃ 567.197 mL] [রা. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৩]

(খ) 17°C তাপমাত্রায় ও 770 mm (Hg) চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন এবং ভর কত হবে? [17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14.5 mm (Hg)]
[উঃ 561.48 mL; 0.802 g] [সি. বো. ২০০৮, ২০১১; কু. বো. ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৭, ২০১০]

(গ) 17°C তাপমাত্রায় ও 0.95 atm চাপে 580 mL হাইড্রোজেন গ্যাস পানির উপর সংগৃহীত হল। STP তে শুষ্ক $H_2$ এর আয়তন নির্ণয় কর। [ 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.26 kPa ]
[উঃ 500.66 mL] [ঢা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৯]

(ঘ) 17°C তাপমাত্রায় এবং 99.99 kPa চাপে 0.058 $m^3$ $H_2$ গ্যাসকে পানির উপর সংগ্রহ করা হল। 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.27 kPa হলে প্রমাণ অবস্থায় ঐ $H_2$ গ্যাসের আয়তন ও ভর কত হবে?
[উঃ 0.052 $m^3$, 4.68 g] [য. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭]

৩১। 15°C তাপমাত্রায় ও 750 mm (Hg) চাপে 100 mL কোন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। ঐ একই পরিমাণ গ্যাস শুষ্ক অবস্থায় S.T.P-তে 92 mL আয়তন দখল করে। 15°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর। [উঃ 12.38 mm (Hg)] [ব. বো. ২০০২]

৩২। (ক) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 95 kPa চাপে 0.3 L হাইড্রোজেন গ্যাস, 98 kPa চাপে 0.6 L নাইট্রোজেন ও 75 kPa চাপে 0.4 L অক্সিজেন গ্যাসকে 1.5 L আয়তনের একটি শূন্য পাত্রে মিশানো হল। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। [উঃ 78.2 kPa] [কু. বো. ২০০২]

(খ) 27°C তাপমাত্রায় 30 cm (Hg) চাপে 200 $cm^3$ $H_2$ গ্যাস এবং 40 cm (Hg) চাপে 300 $cm^3$ $N_2$ গ্যাসকে 400 $cm^3$ আয়তনের একটি শূন্য ফ্লাস্কে রাখা হল। ঐ তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত হবে? [উঃ 45 cm (Hg)] [ঢা. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৯]

৩৩। স্থির তাপমাত্রায়, 1 atm চাপে 250 mL নাইট্রোজেন এবং 600 mm (Hg) চাপে 500 mL অক্সিজেন গ্যাসকে একত্রে 1 L ফ্লাস্কে ভর্তি করা হল। ঐ গ্যাস মিশ্রণের চাপ কত হবে? [উঃ 490 mm (Hg)] [ঢা. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০]

৩৪। 25°C তাপমাত্রায় 750 mm (Hg) চাপে 400 mL নাইট্রোজেন গ্যাস, 760 mm (Hg) চাপে 500 mL অক্সিজেন এবং 770 mm (Hg) চাপে 100 mL হাইড্রোজেন নিয়ে তাদেরকে একটি 2 L আয়তনের শূন্য পাত্রে প্রবেশ করানো হল। একই তাপমাত্রায় এবং 30°C তাপমাত্রায় ঐ মিশ্রণের চাপ কত?
[উঃ 378.5 mm (Hg); 384.85 mm (Hg)] [ঢা. বো. ২০০০]

৩৫। 27°C তাপমাত্রায় 1 atm চাপে একটি 20 L পাত্রে কিছু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রিত করা হল। মিশ্রিত অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন STP-তে 16.8 L হয়, তবে মিশ্রণে অক্সিজেন গ্যাসের আংশিক চাপ নির্ণয় কর। [উঃ 0.9225 atm] [কু. বো. ২০০১; য. বো. ২০০৩]

[সংকেত ঃ $PV = nRT$, $P = P_{O_2} = \frac{nRT}{V}$, এক্ষেত্রে $\frac{n}{1} = \frac{16.8}{22.4}$ mol, V = 20 L, T = (27 + 273) K = 300 K]

**(চ) গ্যাস ব্যাপন সূত্রভিত্তিক ঃ সমীকরণ ঃ (i)** $\frac{t_2}{t_1} = \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$, **(ii)** $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

৩৬। একই তাপমাত্রায় ও চাপে একটি সরু ছিদ্র পথ দিয়ে সমআয়তনের অক্সিজেন ও একটি অজ্ঞাত গ্যাসের নিঃসরণের জন্য যথাক্রমে 56 সেকেন্ড ও 80 সেকেন্ড সময় লাগে। অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। [উঃ 65.31]

৩৭। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও স্থির চাপে একটি সরু ছিদ্র দিয়ে নির্দিষ্ট আয়তনের বিশুদ্ধ অক্সিজেন নিঃসরিত হতে 75 সেকেন্ড সময় লাগে। একই অবস্থায় সমআয়তনের 30% ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেনের নিঃসরণের জন্য 90 সেকেন্ড সময় লাগে। ওজোনের আণবিক ভর নির্ণয় কর। [উঃ 78.93]

http://pdfcorner.com

৩৮। স্থির তাপমাত্রা ও চাপে 180 mL আয়তনের একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাস নিঃসরিত হতে 15 মিনিট সময় লাগে। একই অবস্থায় 20 মিনিটে 120 mL আয়তনের $SO_2$ গ্যাস নিঃসরিত হয়। হাইড্রোকার্বনের আণবিক ভর বের কর। [উঃ 16]

৩৯। একটি অজ্ঞাত গ্যাস একটি ছিদ্র দিয়ে নির্গমনের হার ঐ একই ছিদ্র দিয়ে $NH_3$ গ্যাসের নির্গমনের হারের 2.9 গুণ হলে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর কত হবে? [উঃ 2.02]

৪০। একটি সচ্ছিদ্র প্রাচীরের মধ্য দিয়ে একই আয়তনের $H_2$ ও অন্য একটি গ্যাস নির্গত হতে যথাক্রমে 8 সেকেন্ড ও 32 সেকেন্ড সময় লাগে। অন্য গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। [উঃ 32.256] [ব. বো. ২০০২; য. বো. ২০০৬]

৪১। দুই মুখ খোলা 35 cm দৈর্ঘ্যের একটি কাচনলের দু'মুখে 5 cm দূরত্ব পর্যন্ত একদিকে গাঢ় HCl সিক্ত তুলা ও অপরদিকে গাঢ় $NH_3$ দ্রবণসিক্ত তুলা প্রবিষ্ট রাখা হল। কিছুক্ষণ পর দেখা গেল কাচনলের ভিতরে এক স্থানে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়েছে। ঐ স্থানের সঠিক অবস্থান নির্ণয় কর। [উঃ HCl সিক্ত তুলা থেকে 10.15 cm]

**(ছ) গ্যাসের অণুর গতিবেগ ও গতিশক্তিভিত্তিক ঃ**

**সমীকরণ ঃ** **(i)** $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$, **(ii)** n মোলের $K.E = \frac{3}{2}nRT$, **(iii)** প্রতি অণুর $K.E = \frac{3RT}{2N_A}$.

৪২। (ক) প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেন অণুর r. m. s. বেগ হিসাব কর। [উঃ 461.3 $ms^{-1}$] [য. বো. ২০০২; ঢা. বো. ২০০৩]

(খ) 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাসের অণুর বর্গমূল গড়–বর্গ বেগ কত? [উঃ 483.56 $ms^{-1}$] [ঢা. বো. ২০০১; চ. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৩, ২০০৬; য. বো. ২০১১]

(গ) 127°C তাপমাত্রায় $O_2$ অণুর r. m. s. বেগ নির্ণয় কর। [উঃ 558.37 $ms^{-1}$] [রা. বো. ২০০৮]

(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের বর্গমূল গড়–বর্গবেগ কত? [উঃ 516.95 $ms^{-1}$] [অনুরূপ, ব. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]

(ঙ) কত তাপমাত্রায় $Cl_2$ এর r. m. s. বেগ, –91.43°C তাপমাত্রায় $CO_2$ এর r. m. s. বেগের সমান হবে? [উঃ 19.99°C] [ব. বো. ২০০৪]

(চ) 25°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের ঘনত্ব 1.75 g $L^{-1}$ হলে ঐ তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের অণুসমূহের r. m. s. বেগ নির্ণয় কর। [উঃ 413.932 $ms^{-1}$] [চ. বো. ২০০৪]

৪৩। 0°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের বর্গমূল গড়–বর্গবেগ প্রতি সেকেন্ডে 49330 cm হয়। গ্যাসটির আণবিক ভর বের কর। [উঃ 27.982] [ঢা. বো. ২০০৩]

৪৪। 27°C তাপমাত্রায় একটি অক্সিজেন অণুর গড় গতিশক্তি নির্ণয় কর। [উঃ $6.21272 \times 10^{-21}$ J/অণু।

৪৫। (ক) 27°C তাপমাত্রায় 5 g অক্সিজেন গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তি কত? [উঃ 584.58 J] [য. বো. ২০০১]

(খ) 27°C তাপমাত্রায় 22 g $CO_2$ এর গতিশক্তি নির্ণয় কর। [উঃ 1870.65 J] [সি. বো. ২০১০]

**(জ) হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয়ভিত্তিক ঃ**

৪৬। 300°C তাপমাত্রায় 100 mL কোন হাইড্রোকার্বন গ্যাসের নমুনাকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে দহন করে যে গ্যাস পাওয়া গেল, তাকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উপর প্রবাহিত করায় 400 mL আয়তন হ্রাস পায়। এরপর প্রাপ্ত গ্যাসকে ক্যালসিয়াম অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে 300 mL আয়তন হ্রাস পায়। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর। উল্লেখ্য যে, সব ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন একই তাপমাত্রা ও চাপে মাপা হয়। [উঃ $C_3H_8$]

৪৭। সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে 12 mL একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাসকে এবং 90 mL অক্সিজেন গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত করে বিস্ফোরিত করা হল। বিস্ফোরণের পর শীতল করে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 72 mL হল। ঐ গ্যাস মিশ্রণকে কলিচুনের সংস্পর্শে রাখার পর 36 mL আয়তন হয়। ঐ হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_3H_6$]



http://pdfcorner.com

৪৮। 10 mL আয়তনের গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে বিস্ফোরিত করা হল। বিস্ফোরণের পর শীতল করলে গ্যাসের মোট আয়তন 40 mL কমে গেল। এ গ্যাসকে ক্ষার দ্রবণে চালনা করলে আয়তন 50 mL কমে যায়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_5H_{12}$]

**(ঝ) ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়মভিত্তিক ঃ**

৪৯। $Na^+$ আয়নের ব্যাসার্ধ 95 pm এবং $Cl^-$ আয়নের ব্যাসার্ধ 181 pm। NaCl কেলাস বা স্ফটিকের আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা কত? [উঃ 6:6]

৫০। $K^+$ ও $Cl^-$ আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 133 pm ও 181 pm. KCl কেলাস বা স্ফটিকের আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা কত? [উঃ 8:8]

৫১। $Cs^+$ ও $Br.^-$ আয়নদ্বয়ের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 167 pm ও 196 pm। CsBr. স্ফটিকের সন্নিবেশ সংখ্যা কত? [উঃ 8:8]

৫২। ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়ম ব্যাখ্যা কর। $Ca^{2+}$ আয়নের ব্যাসার্ধ 99 pm এবং $F^-$ আয়নের ব্যাসার্ধ 136 pm। $CaF_2$ এর স্ফটিকে আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা কত? [উঃ 8:4]

৫৩। $Ca^{2+}$ আয়নের ব্যাসার্ধ 99 pm, $Cl^-$ আয়নের ব্যাসার্ধ 181 pm. $CaCl_2$ স্ফটিকে আয়নদ্বয়ের সন্নিবেশ সংখ্যা কত? [উঃ $CaCl_2$ স্ফটিকে সন্নিবেশ সংখ্যা = 6:3]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। তাপমাত্রার প্রভাবে পদার্থের তিনটি ভৌত অবস্থা সম্ভব। সবচেয়ে আণবিক বিশৃঙ্খল অবস্থা হল পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থা। বিজ্ঞানীরা এ গ্যাসের আয়তন (V), চাপ (P), কেলভিন তাপমাত্রা (K) ও মোলসংখ্যা (n)—এ চারটি পরিবর্তনশীল রাশির যে কোন দুটিকে স্থির রেখে অপর দুটি রাশি নিয়ে বিভিন্ন পরীক্ষা–নিরীক্ষা করে গ্যাসের ভৌত আচরণের অনেক তথ্য গ্যাস সূত্ররূপে প্রকাশ করেন। আবিষ্কৃত গ্যাস সূত্র থেকে আদর্শ গ্যাসের জন্য PV = nRT সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করা যায়। উল্লেখ্য বাস্তব গ্যাসসমূহ এ সমীকরণ পুরোপুরি মানে না; বিচ্যুতি দেখায়।

(ক) গ্যাস বলতে কী বুঝ? ১

(খ) মোলার গ্যাস ধ্রুবক কী? L.atm এককে এর মান গণনা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিষ্ঠার ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় গ্যাস সূত্রগুলো লেখ এবং সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, $CO_2$ গ্যাসের জন্য উচ্চ চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় PV = nRT সমীকরণটি প্রযোজ্য হয় না কেন এর ব্যাখ্যাসহ $CO_2$ এর জন্য প্রযোজ্য সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। এক মোল আদর্শ গ্যাস ও এক মোল $CO_2$ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য সমীকরণদ্বয় লেখ। ৪

২। গ্যাসের আয়তন (V), চাপ (P), কেলভিন তাপমাত্রা (T) ও মোল সংখ্যা (n) প্রভৃতির উপর মাত্রিকভাবে পরীক্ষা–নিরীক্ষা করে বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রো প্রভৃতি বিজ্ঞানিগণ গ্যাসের ভৌতধর্ম ভিত্তিক বিভিন্ন সূত্র উপস্থাপন করেন। আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ হল PV = nRT। বাস্তব গ্যাস এ সমীকরণ পুরোপুরি মানে না।

(ক) অ্যাভোগাড্রো সূত্র মতে, STP-তে এক মোল গ্যাসের আয়তন লিটার ও SI এককে কত হয়? ১

(খ) উদ্দীপক মতে, মোল বলতে কী বুঝ? দুই মোল $CO_2$ গ্যাসের ভর ও STP-তে SI এককে এর আয়তন কত হবে? ২

http://pdfcorner.com

(গ) উদ্দীপক মতে, n মোল আদর্শ গ্যাসের জন্য কেলভিন তাপমাত্রা T, ঐ গ্যাসের চাপ (P) ও আয়তন (V) এর মধ্যে সম্পর্ক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। STP-তে SI এককে এক মোল গ্যাসের জন্য গ্যাস ধ্রুবকের মান গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির দুটি কারণ ব্যাখ্যা কর এবং বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৪

৩। প্রকৃতিতে ইউরেনিয়ামের আইসোটোপ $^{235}U = 0.7\%$ এবং $^{238}U = 99.3\%$ মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। নিউক্লিয়ার পাওয়ার স্টেশনে জ্বালানিরূপে কেবল $^{235}U$ ব্যবহৃত হয়। ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লোরাইড $UF_6$ (b. p. = 329 K) রূপে উভয় আইসোটোপকে পৃথক করা হয়। সছিদ্র মেমব্রেনের মাধ্যমে গ্যাসীয় $^{235}UF_6$ (M = 349) এর ব্যাপন হার $^{238}UF_6$ (M = 352) এর ব্যাপন হারের চেয়ে বেশি হওয়ায় এদের পৃথক করা সম্ভব হয়েছে।

(ক) গ্যাসের ব্যাপন বলতে কী বুঝ? ১

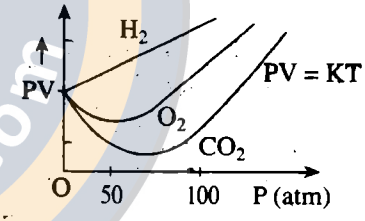
(খ) তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ কী? পারমাণবিক চুল্লিতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদনে $^{235}U$ ব্যবহৃত হয়। সংশ্লিষ্ট নিউক্লীয় বিক্রিয়াটির সংজ্ঞা ও সমীকরণ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি কী? এ সূত্রের সাহায্যে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয়ের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। কত অধিক হারে $^{235}UF_6$ গ্যাসটি $^{238}UF_6$ গ্যাসের তুলনায় ব্যাপন করবে?

[উত্তর ঃ 1.00428] ৩

(ঘ) নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়াদ্বয়ের যেটিতে উদ্দীপক থেকে উদাহরণ প্রযোজ্য হয় তা ব্যবহার কর এবং উভয় বিক্রিয়ার পার্থক্যগুলো তুলনা কর। ৪

৪। বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো সূত্রের সমন্বয়ে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিষ্ঠা করা হয়। সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বাস্তব গ্যাস এ সমীকরণ মেনে চলে না। বিজ্ঞানী অ্যামেগা স্থির তাপমাত্রায় (0°C) ও বিভিন্ন চাপে (P) এক মোল করে $CO_2$ গ্যাস, $O_2$ গ্যাস ও $H_2$ গ্যাস–এর আয়তন মেপে তিনটি গ্যাসের PV বনাম P লেখচিত্র অঙ্কন করে নিম্নরূপ লেখচিত্র পান ঃ



চিত্র ঃ ১.১

(ক) আদর্শ গ্যাস বলতে কী বুঝ? ১

(খ) তোমার উত্তরপত্রে উদ্দীপক লেখচিত্রটি কপি কর। প্রদত্ত তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য লেখটি ডটলাইনসহকারে উদ্দীপক লেখচিত্রটিতে অঙ্কন করে এর প্রযোজ্যতা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক লেখচিত্রে $CO_2$, $O_2$ ও $H_2$ গ্যাস তিনটি আদর্শ গ্যাস নাকি বাস্তব গ্যাস? চাপের বৃদ্ধির সাথে $CO_2$ ও $O_2$ এর বেলায় PV-এর মান হ্রাস পায়; কিন্তু $H_2$ গ্যাসের মান বৃদ্ধি পায় কেন তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, বাস্তব গ্যাস ও আদর্শ গ্যাসের মধ্যে ৪টি পার্থক্য তুলনা কর। 27°C তাপমাত্রায় ও 1.05 atm চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 3.5 L হয়। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন ও ঐ গ্যাসে কত মোল গ্যাস আছে তা গণনা কর। ৪

৫। পদার্থের কণাগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল সর্বাধিক হলে কঠিন অবস্থা এবং সবচেয়ে কম হলে গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কঠিন অবস্থায় কণাগুলো নির্দিষ্টক্রমে সজ্জিত থেকে নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক গঠন বা কেলাস গঠন লাভ করে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস হল একটি ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক গঠন। বিজ্ঞানী চার্লস ও গে–লুসাক স্থির চাপে $O_2$, $H_2$ ও $CO_2$ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C থেকে 80°C-এ বৃদ্ধি করে দেখেন যে প্রতি

http://pdfcorner.com

ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন একই পরিমাণে বৃদ্ধি পায়। এ পর্যবেক্ষণ থেকে বিজ্ঞানিগণ গ্যাসের আয়তনের উপর স্থির চাপে, তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কিত একটি সূত্র উপস্থাপন করেন।

(ক) চার্লস গে–লুসাকের সূত্রটি বিবৃত কর। ১

(খ) তাপমাত্রা হ্রাস করলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পেতে থাকে। লেখচিত্রের সাহায্যে তা ব্যাখ্যা করতে গিয়ে বিজ্ঞানী কীভাবে পরমশূন্য তাপমাত্রার ধারণা পান তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রার প্রভাব আছে। অনুরূপভাবে চাপেরও প্রভাব আছে। যেমন, 17°C তাপমাত্রায় একটি মার্বেলসহ কোন গ্যাসের নির্দিষ্ট ভরের আয়তন 100 mL হয়। ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা 54°C এবং চাপ দ্বিগুণ করা হলে ঐ মার্বেলসহ গ্যাসের আয়তন 59.3 mL হয়। মার্বেলটির আয়তন বের কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, কঠিন বস্তু খাদ্য লবণ কী? এর কেলাস গঠন সহজ চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৬। দুই মুখ খোলা 35 cm দৈর্ঘ্যের একটি কাচনল নেয়া হল। এখন দু'টুকরা তুলার একটিকে গাঢ় HCl ও অপর টুকরাকে গাঢ় $NH_3$ দ্রবণ দ্বারা সিক্ত করে ঐ কাচনলের দু'মুখে 5 cm দূরত্ব পর্যন্ত প্রবিষ্ট রাখা হল। কিছুক্ষণ পর দেখা গেল, কাচনলের ভিতর এক স্থানে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়েছে। এটি একটি ব্যাপনের উদাহরণ। অক্সিজেন সিলিন্ডারে $N_2$ গ্যাসকে অধিক চাপে প্রবেশ করালে উভয় গ্যাস বিক্রিয়া বিহীনভাবে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে। এতে গ্যাস মিশ্রণের চাপ বেড়ে যায়।

(ক) গ্যাসের RMS বেগ কী? ১

(খ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য কী? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, ব্যাপন বলতে কী বুঝ? কাচনলের ভিতরে এক স্থানে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়েছে। ঐ স্থানে সঠিক অবস্থান নির্ণয় কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) $N_2$ গ্যাস ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রণের চাপ বেড়ে গেছে; এটি গ্যাসের কোন সূত্র মতে ঘটেছে? সূত্রটি বিবৃত কর। (ii) উদ্দীপক মতে গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদানের আংশিক চাপ ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলের সমান; তা প্রমাণ কর। ৪

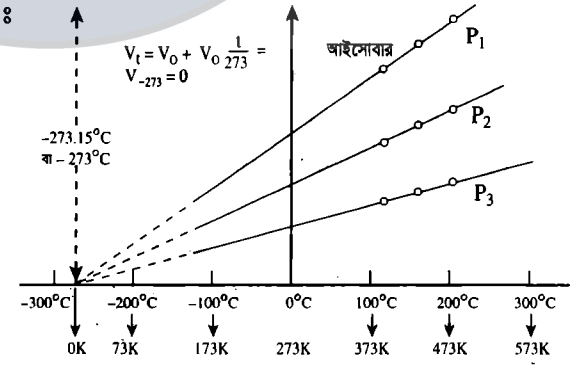
৭। বিজ্ঞানি চার্লস নির্দিষ্ট চাপে বিভিন্ন গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C থেকে 80°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করে সিদ্ধান্তে পৌছেন যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সব গ্যাস সমপরিমাণ আয়তনে বৃদ্ধি পায়। গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তনকে তাপমাত্রার বিপরীতে গ্রাফে বসালে নিম্নরূপ লেখ পাওয়া যায় ঃ

(ক) কেলাসের একক কোষ কী? ১

(খ) জুল–থমসন প্রভাব বলতে কী বুঝ? এ প্রভাব কেন ঘটে? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, চার্লসের সূত্রটি লেখ। লেখচিত্রে – 273°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য দেখানো হয়েছে। চার্লসের সূত্র থেকে পরম তাপমাত্রা স্কেল প্রতিষ্ঠা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) – 273°C এ গ্যাসের আয়তন প্রকৃতপক্ষে শূন্য হয় কী? যুক্তি দেখাও।




চিত্র ঃ আয়তন বনাম তাপমাত্রা লেখ (স্থির চাপে)

(ii) 17°C তাপমাত্রায় ও 770 mm (Hg) চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন এবং ভর কত হবে? [17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14.5 mm (Hg)] ৪

http://pdfcorner.com

৮। আদর্শ গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে গাণিতিকভাবে আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ $PV = \frac{1}{3} m NC^2$ প্রতিষ্ঠিত হয়। আদর্শ গ্যাস বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র ইত্যাদি গ্যাস সূত্র অনুসরণ করে। আবার বাস্তব গ্যাস যেমন $CO_2$, $N_2$, $H_2$ ইত্যাদি সকল তাপমাত্রায় ও চাপে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ মেনে চলে না।

(ক) STP ও SATP বলতে কী বুঝ? ১

(খ) গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ কী? $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা কত? ২

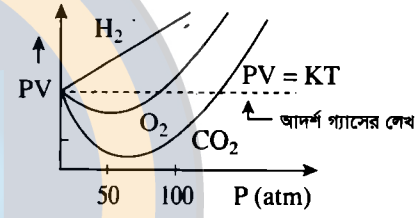
(গ) উদ্দীপক মতে, আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণের সাহায্যে (i) বয়েলের সূত্র ও (ii) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র উপপাদন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) গতীয় সমীকরণে গ্যাস অণুর RMS বেগের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর। (ii) 27°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের RMS বেগ গণনা কর। [উঃ 516.95 $ms^{-1}$] ৪

৯। গ্যাস সূত্রসমূহের সমন্বয়ে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিষ্ঠিত করা হয়। গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে $PV = \frac{1}{3} m Nc^2$ গতীয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। অ্যামেগার পরীক্ষা ও লেখচিত্র মতে $CO_2$, $O_2$ ও $H_2$ প্রভৃতি বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস নয়। আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির মাত্রা গ্যাসের পেষণ-গুণাঙ্ক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যামেগার লেখচিত্রটি নিম্নরূপ ঃ

(ক) গ্যাসের মোল বলতে কী বুঝ? ১

(খ) কী কী বৈশিষ্ট্য থাকলে কোন গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়? বাস্তব গ্যাস যেমন $O_2$, $N_2$, $H_2$ ইত্যাদি কী কী শর্তে মোটামুটি আদর্শ আচরণ করে থাকে? ২




(গ) উদ্দীপক মতে, আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ ব্যবহার করে (i) চার্লসের সূত্র ও (ii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র প্রতিপাদন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) গ্যাসের পেষণ-গুণাঙ্ক বলতে কী বুঝ? পেষণ গুণাঙ্ক দ্বারা বাস্তব গ্যাসের অ্যামেগার লেখচিত্রের ব্যাখ্যা দাও। (ii) STP তে 1 mole $CO_2$ গ্যাসের পেষণ-গুণাঙ্ক 0.058 হয়। 27°C তাপমাত্রা এবং 100 kPa চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? ৪

১০। গ্যাসের মোল সংখ্যা (n), আয়তন (V), চাপ (P) ও তাপমাত্রা (T)-এ চারটি রাশির যে কোন দুটিকে স্থির রেখে আর দুটি রাশির উপর বাস্তব গ্যাসকে নিয়ে পরীক্ষা করে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র উপস্থাপন করা হয়। কিন্তু চারটি রাশিকে পরিবর্তনশীল করে $PV = nRT$ সমীকরণ গাণিতিকভাবে প্রতিষ্ঠা করা হয়। বাস্তব গ্যাসসমূহ সকল তাপমাত্রা ও চাপে এ সমীকরণ মেনে চলে না। তাই P ও T এর উপর নির্ভরশীল পেষণ গুণাঙ্ক (Z) সহযোগে বাস্তব গ্যাস ও আদর্শ গ্যাসের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করা হয়।

(ক) কেলাসের একক কোষ কী? ১

(খ) মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মাত্রা ও তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, গ্যাসের পেষণ-গুণাঙ্ক বলতে কী বুঝ? এর সাহায্যে বাস্তব গ্যাস ও আদর্শ গ্যাসের মধ্যে কীরূপে সম্পর্ক স্থাপিত হয়; ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) গ্যাস সূত্র থেকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিষ্ঠা কর। (ii) আণবিক সংঘর্ষ ব্যাস বলতে কী বুঝ? ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞানস্তর ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক ঃ

১। SI এককে গ্যাসের 1 বায়ুমণ্ডল চাপের পরিমাণ কত?

(ক) 101.325 kPa (খ) 100 kPa (গ) 10.1325 kPa (ঘ) 100.3 kPa

http://pdfcorner.com

২। SATP পদ্ধতিতে এক মোল গ্যাসের আয়তন কত?
(ক) 22.4 L (খ) 24.789 L (গ) 22.414 L (ঘ) 24.341 L

৩। SATP পদ্ধতিতে তাপমাত্রা কত ধরা হয়?
(ক) 0°C (খ) 20°C (গ) 25°C (ঘ) 273°C

৪। পরমশূন্য তাপমাত্রা কত?
(ক) 0°C (খ) 273K (গ) –273°C (ঘ) –100°C

৫। 5K তাপমাত্রা সেলসিয়াস এককে কত হবে?
(ক) –268°C (খ) 105°C (গ) –278°C (ঘ) 105°C

৬। অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবকের মান কত?
(ক) $6.022 \times 10^{23}$ (খ) $6.022 \times 10^{-23}$ (গ) $0.6022 \times 10^{23}$ (ঘ) $6.014 \times 10^{23}$

৭। আমরা জানি, $N = N_A \times n$, যখন $n = 1$ mol হয় তখন N এ মান কত হবে?
(ক) 22.4L (খ) $6.022 \times 10^{23}$ অণু $mol^{-1}$ (গ) 24.789mL (ঘ) 22.414L

৮। 44g $CO_2$ গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত হবে?
(ক) $6.022 \times 10^{23}$ (খ) $12.044 \times 10^{23}$ (গ) $6.022 \times 10^{24}$ (ঘ) $0.6022 \times 10^{24}$

৯। আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ কোন্‌টি?
(ক) $PV = nRT$ (খ) $PV = \frac{1}{3} mNc^2$ (গ) $PV = RT$ (ঘ) $PV = P_1V_1$

১০। RMS বেগ প্রকাশক সমীকরণ কোন্‌টি?
(ক) $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ (খ) $\bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\lambda M}}$ (গ) $a = \pi \times \frac{3RT}{M}$ (ঘ) $c = \sqrt{\frac{RT}{M}}$

১১। $CO_2$ গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা বা ক্রান্তি তাপমাত্রা হল—
(ক) 31.1°C (খ) 72.9°C (গ) 0°C (ঘ) 25°C

১২। NaCl এর কেলাস গঠন আকৃতি হল—
(ক) পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় (খ) দেহ কাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয়
(গ) ষড়ভুজাকার সবচেয়ে ঘন সন্নিবেশিত (ঘ) ঘনকীয়

১৩। অষ্টতলকীয় কেলাস গঠনের বেলায় $\frac{r_c}{r_a}$ এর মান হয়—
(ক) 0.73 (খ) 0.72 – 0.414 (গ) 0.413 – 0.23 (ঘ) 1.73

১৪। CsCl–এর কেলাস গঠন আকৃতি হল—
(ক) দেহ কাঠামোকেন্দ্রিক ঘনকীয় (খ) পৃষ্ঠতলকেন্দ্রিক ঘনকীয় (গ) ষড়ভুজাকার ঘন সন্নিবেশিত (ঘ) ঘনকীয়

১৫। চাপ বৃদ্ধির ফলে গ্যাস অণুসমূহের গড় মুক্তপথ—
(ক) হ্রাস পায় (খ) বৃদ্ধি পায় (গ) অপরিবর্তিত থাকে (ঘ) শূন্য হয়

১৬। যে তাপমাত্রায় কোন গ্যাস বিভিন্ন চাপে আদর্শ গ্যাসের মত আচরণ করে তা হল—
(ক) ক্রান্তি তাপমাত্রা (খ) বয়েলের তাপমাত্রা (গ) উৎক্রম তাপমাত্রা (ঘ) হ্রাসকৃত তাপমাত্রা

১৭। সমভরের মিথেন ও $H_2$ গ্যাসকে শূন্যপাত্রে 25°C এ রাখা হল। $H_2$ এর আংশিক চাপ মোট চাপের ভগ্নাংশ হবে—
(ক) $\frac{1}{2}$ (খ) $\frac{1}{9}$ (গ) $\frac{8}{9}$ (ঘ) $\frac{16}{17}$

http://pdfcorner.com

১৮। 25 cm দীর্ঘ কাচনলের ১ম মুখে HCl গ্যাস ও ২য় মুখে $NH_3$ গ্যাস এক সাথে প্রবেশ করলে $NH_4Cl$ এর সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়—

(ক) নলের মাঝখানে (খ) ১ম মুখ থেকে 15 cm এ (গ) ১ম মুখ থেকে 10 cm এ (ঘ) 12 cm এ

১৯। নিয়নের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি হবে নিচের কোন অবস্থায়—

(ক) STP তে (খ) 0°C, 2 atm (গ) 273°C, 1 atm (ঘ) 273°C, 2 atm

২০। স্থির তাপমাত্রায়, 'X' নামক গ্যাসের তুলনায় মিথেনের ব্যাপন হার দ্বিগুণ হলে 'X' এর আণবিক ভর হবে—

(ক) 64 (খ) 32 (গ) 8 (ঘ) 4

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। খ, ৩। গ, ৪। গ, ৫। ক, ৬। ক, ৭। খ, ৮। ক, ৯। খ, ১০। ক, ১১। ক, ১২। ক, ১৩। খ, ১৪। ক, ১৫। ক, ১৬। খ, ১৭। গ, ১৮। গ, ১৯। খ, ২০। ক।

**খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion–MCQ) ঃ অনুধাবন, প্রয়োগ স্তরভিত্তিক ঃ**

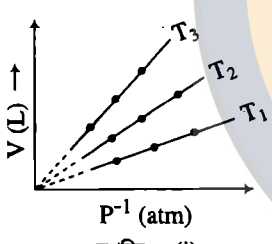
১। আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বলতে তিনজন শিক্ষার্থী নিম্নরূপ সমীকরণ লিখল ঃ

(i) $PV = nRT$ (ii) $PV = RT$ (iii) $PV = \frac{1}{3}mNc^2$

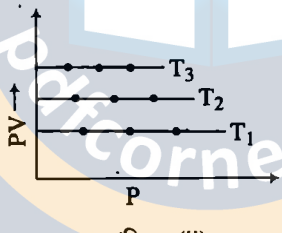
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

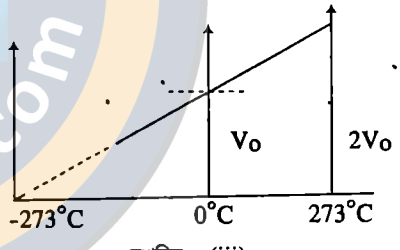
২। আইসোথারম বা সমোষ্ণলেখ অঙ্কন করতে তিনটি শিক্ষার্থী নিম্নরূপ লেখচিত্র অঙ্কন করল ঃ



লেখচিত্র – (i)



লেখচিত্র – (ii)



লেখচিত্র – (iii)

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৩। বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান লিখতে বলায় তিনজন শিক্ষার্থী নিম্নরূপ মান লিখল ঃ

(i) $R = 0.082L\ atmK^{-1}\ mol^{-1}$ (ii) $R = 8.32\ calK^{-1}mol^{-1}$ (iii) $R = 8.314\ JK^{-1}\ mol^{-1}$

নিচের কোনটি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। ডালটনের আংশিক চাপের গাণিতিক সম্পর্ক তিনজন শিক্ষার্থী নিম্নরূপে লিখল (এক্ষেত্রে $P_1$, $P_2$, $P_3$ তিনটি উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ)

(i) মোট চাপ $P_o = P_1 + P_2 + P_3$ ; (ii) $P = P_{dry} + f$, এক্ষেত্রে 'f' হল পানি–বাষ্প চাপ

(iii) আংশিক চাপ, $P_1$ = মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ ($P_m$)

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৫। গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র মতে তিনজন শিক্ষার্থী নিম্নরূপ তিনটি বাক্য লিখল—

(i) HCl গ্যাসের ব্যাপন হার $NH_3$ গ্যাসের ব্যাপন হার অপেক্ষা কম হবে কারণ HCl গ্যাসের ঘনত্ব বেশি।

(ii) $NH_3$ গ্যাসের আণবিক ভর HCl গ্যাসের আণবিক ভর অপেক্ষা কম হওয়ায় $NH_3$ গ্যাসের ব্যাপন হার বেশি হবে।

(iii) HCl গ্যাস ও $NH_3$ গ্যাস উভয়েই যৌগিক গ্যাস হওয়ায় উভয়ের ব্যাপন হার সমান হবে।

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। গ্যাসের তরলীকরণের বেলায় নিম্নরূপ তথ্য জানা যায়—

(i) হিমমিশ্র রূপে খাদ্য লবণ ও বরফ ব্যবহার করলে –20°C নিম্ন তাপমাত্রা হয়।

(ii) শুষ্ক বরফ ও ইথার মিশ্রণ ব্যবহার করলে –90°C তাপমাত্রা হয়।

(iii) বিগলিত $CaCl_2$ ও বরফ ব্যবহার করলে –54°C নিম্ন তাপমাত্রায় পৌঁছা যায়।

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৭। গ্যাসের ব্যাপন হার হল গ্যাসের—

(i) আণবিক ভরের সমানুপাতিক (ii) ঘনত্বের সমানুপাতিক (iii) আণবিক ভরের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৮। ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণ তিনটি শিক্ষার্থী নিম্নরূপ লিখল—

(i) $(P + \frac{a}{n^2V^2})(V - nb) = nRT$ (ii) $(P + \frac{na}{V^2})(V - nb) = nRT$ (iii) $(P + \frac{n^2a}{V^2})(V - nb) = nRT$

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (iii)

৯। স্থির তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পেলে, তখন—

(i) চাপ কমে (ii) অণুর গতিশক্তি কমে (iii) অণুর গতিশক্তি ঠিক থাকে

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

১০। নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস 1 atm চাপে 300 K তাপমাত্রায় 10 L হয়; কোন অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন ঠিক থাকবে

(i) চাপ দ্বিগুণ, কেলভিন তাপমাত্রা অর্ধেক (ii) চাপ অর্ধেক, কেনভিন তাপমাত্রা অর্ধেক

(iii) চাপ দ্বিগুণ তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে,

কোন্‌টি সঠিক অবস্থা হবে–

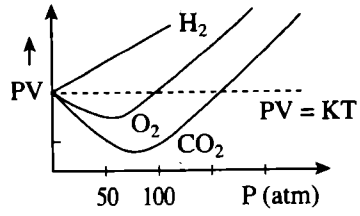
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ক) ২। (ক) ৩। (গ) ৪। (খ) ৫। (ক) ৬। (খ) ৭। (গ) ৮। (ঘ) ৯। (গ) ১০। (গ)

http://pdfcorner.com

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set-MCQ) ঃ উচ্চতর দক্ষতা স্তরভিত্তিক**

১। নিচে তিনটি গ্যাস $CO_2$, $H_2$ ও আদর্শ গ্যাস (A) এর জন্য PV বনাম P লেখচিত্র I, II, III লেখচিত্র দেখানো হল ঃ




উপরোক্ত লেখচিত্র উদ্দীপক থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) কোন্ গ্যাস সূত্রকে এ লেখচিত্র প্রকাশ করে?

(ক) বয়েলের সূত্র মতে সমোষ্ণ লেখ (খ) চার্লসের সূত্র মতে আইসোবার,

(গ) অ্যামাগা লেখচিত্র (ঘ) II নং লেখচিত্র থেকে PV ধ্রুব বোঝায়

(২) কোন্ লেখচিত্রটি আদর্শ গ্যাসের জন্য তুমি চিহ্নিত করবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) কোনটাই নয়

২। কোন্ একটি গ্যাস সূত্রের বেলায় নিম্নরূপ সমীকরণ পাওয়া যায় ঃ

$$V_t = V_0 + \frac{V_0 \times t}{273}$$

উপরোক্ত উদ্দীপক সমীকরণ মতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) কোন্ গ্যাস সূত্রকে এ সমীকরণ প্রকাশ করছে—

(ক) বয়েলের সূত্র (খ) গ্রাহামের সূত্র (গ) চার্লসের সূত্র (ঘ) ডালটনের সূত্র

(২) গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন $V_0$ হলে, কত তাপমাত্রায় $V_t$ এর মান 0°C এর আয়তনের দ্বিগুণ হবে—

(ক) 100°C (খ) 200°C (গ) 273 K (ঘ) 273°C

৩। আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির পরিমাণগত ব্যাখ্যায় নিম্নরূপ সমীকরণ আছে—

$$Z = \frac{PV}{nRT}$$

উপরোক্ত সমীকরণভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) এক্ষেত্রে 'Z' রাশিটিকে বলা হয়—

(ক) তাপীয় প্রসারাঙ্ক (খ) মোলার গুণাঙ্ক (গ) পেষণ–গুণাঙ্ক (ঘ) পেষণ–মাত্রা

(২) বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ আচরণ করবে, যখন Z এর মান হবে—

(ক) $Z > 1$ (খ) $Z = 0.5$ (গ) $Z = 1$ (ঘ) $Z < 1$

৪। 17°C তাপমাত্রায় 105 kPa চাপে 0.60 L $H_2$ গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। 17°C এ জলীয় বাষ্পের চাপ 3.25 kPa.

উপরের তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) শুষ্ক $H_2$ গ্যাসের চাপ হল—

(ক) 105 kPa (খ) 101.325 kPa (গ) 101.750 kPa (ঘ) 108.25 kPa

(২) STP-তে ঐ $H_2$ গ্যাসের আয়তন হবে—

(ক) 0.06 L (খ) 0.567 L (গ) 0.65 L (ঘ) 0.567 L

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) গ, (২) খ; ২। (১) গ, (২) ঘ; ৩। (১) গ, (২) গ; ৪। (১) গ, (২) খ।



http://pdfcorner.com

**গ–প্রস্তুতিমূলক জ্ঞানভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। তরল–স্ফটিক কী?
২। প্লাজমা অবস্থা কী?
৩। SI পদ্ধতি গ্যাসের চাপ ও আয়তনের একক কী?
৪। গ্যাসের STP ও SATP কী?
৫। এক মোল $O_2$ ও $CO_2$ এর ভর কত?
৬। আইসোথার্ম ও আইসোবার কী?
৭। গ্যাসের মিশ্রণের উপাদানের মোল ভগ্নাংশ কী?
৮। 32g $O_2$ ও 44g $CO_2$ এর ভ্যান্ডার ওয়াল সমীকরণ লেখ।
৯। গ্যাসের সংঘর্ষ ব্যাস ও গড় মুক্ত পথ কী?
১০। $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ কত?
১১। উৎক্রম তাপমাত্রা কী? $H_2$ এর উৎক্রম তাপমাত্রা কত?
১২। বাস্তব গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্কর সমীকরণসহ লেখ।
১৩। গ্যাসের RMS বেগ কী?
১৪। পরম শূন্য তাপমাত্রা কী?
১৫। কেলাসের একক কোষ কী?

**ঘ–প্রস্তুতিমূলক অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর তাৎপর্য কী?
২। L.atm একক ও SI এককে R এর মান বের কর।
৩। পরম শূন্য তাপমাত্রার তাৎপর্য কী?
৪। গ্যাসের ব্যাপন ও নিঃসরণের পার্থক্য দেখাও।
৫। $NH_3$ ও HCl গ্যাসের মধ্যে কোন্‌টির ব্যাপন হার বেশি ব্যাখ্যা কর।
৬। RMS বেগের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।
৭। আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের পার্থক্য দেখাও।
৮। বাস্তব গ্যাসের পেষণ–গুণাঙ্কের তাৎপর্য কী?
৯। গ্যাস ও বাষ্পের পার্থক্য দেখাও।
১০। উৎক্রম তাপমাত্রার গুরুত্ব আলোচনা কর।

http://pdfcorner.com

# ২ পরমাণুর গঠন
## STRUCTURE OF ATOM

**বিষয়বস্তু ঃ**

- ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ;
- পরমাণুর মূল কণিকাসমূহ;
- রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল ও বোর পরমাণু মডেল;
- আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর ও আইসোটোপিক ভর;
- কোয়ান্টাম সংখ্যা, পলির বর্জন নীতি;
- পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ আউফবাউ নীতি;
- আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি;
- তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ, তাদের ব্যবহার ও নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া।

## ২.১। ভূমিকা
### Introduction

প্রাচীন গ্রিসে আজ থেকে ২৫০০ বছর পূর্বে লুসিপাস (Leucippus) ও তাঁর ছাত্র ডেমোক্রিটাস (Democritus) এ অভিমত প্রকাশ করেন যে, সব পদার্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য অংশ দ্বারা গঠিত। ডেমোক্রিটাস এ অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম অংশের নাম দেন atoma। এ শব্দটি দুটি গ্রিক শব্দ যেমন a (not) এবং temnein (to cut) হতে উদ্ভূত। অর্থাৎ atoma বলতে বোঝায় যা আর ভাগ করা যায় না। কিন্তু বিখ্যাত গ্রিক দার্শনিক অ্যারিস্টটল (Aristotle) এর বিরোধিতার প্রভাবে এ মতবাদ চাপা পড়ে যায়। অ্যারিস্টটলের মতে পদার্থ নিরবচ্ছিন্ন, তাকে যত ইচ্ছা ক্ষুদ্রতর অংশে ভাগ করা যায়। ষোড়শ ও সপ্তদশ শতাব্দীতে atom মতবাদ আবার বৈজ্ঞানিক ও দার্শনিকগণের সমর্থন লাভ করে। অবশেষে ব্রিটিশ স্কুল শিক্ষক জন ডাল্টন (John Dalton) এ মতবাদকে বৈজ্ঞানিক মতবাদ হিসেবে প্রতিষ্ঠিত করেন।

## ২.২। ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ
### Dalton's Atomic Theory

**ডালটনের পারমাণবিক মতবাদের প্রধান স্বীকার্যগুলো হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ**

(১) প্রত্যেক পদার্থ পরমাণু নামক অসংখ্য অতি ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত।
(২) একই পদার্থের সব পরমাণুর ধর্ম ও ভর অভিন্ন।
(৩) বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুর ধর্ম ও ভর বিভিন্ন।
(৪) পরমাণুসমূহ অবিভাজ্য ও তাদের ধ্বংস নেই।
(৫) দুই বা ততোধিক পদার্থের পরমাণুর সংযোগে নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয়। এ সংযোগ পূর্ণ সংখ্যার নির্দিষ্ট সরল অনুপাতে ঘটে।
(৬) শুধু পরমাণুসমূহই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে।
(৭) রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণু ধ্বংস বা কোন নতুন পরমাণু সৃষ্টি হয় না। শুধু তাদের মধ্যকার সংযোগের প্রকৃতির পরিবর্তন ঘটে।

ডালটনের মতবাদ রসায়নের বৈজ্ঞানিক ভিত্তি তৈরি করে। এজন্য তাঁকে আধুনিক রসায়নবিদ্যার জনকও বলা হয়। কিন্তু তাঁর এ মতবাদের কিছু সীমাবদ্ধতা আছে।

http://pdfcorner.com

## ২.২.১। ডালটনের পারমাণবিক মতবাদের সীমাবদ্ধতা বা ত্রুটিসমূহ
### Limitations or Defects of Dalton's Atomic Theory

**ডালটনের পারমাণবিক মতবাদের বেশ কিছু ত্রুটি বা সীমাবদ্ধতা আছে।** যেমন,

১। ডালটনের মতবাদে মৌলিক ও যৌগিক উভয় প্রকার পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু বলা হয়েছে। কিন্তু বর্তমানে মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যা সাধারণত স্বাধীনভাবে অবস্থান করতে পারে না, তাকে পরমাণু বলে এবং মৌলের ও যৌগের স্বাধীন অস্তিত্বের ক্ষুদ্রতম অংশ হল **অণু** (molecule), যাকে বিভক্ত করলে পরমাণু পাওয়া যায়। অর্থাৎ ডালটনের মতবাদ অণু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য দেখাতে ব্যর্থ হয়।

২। এ মতবাদ অনুসারে একই মৌলের পরমাণুসমূহ একই ভরবিশিষ্ট হওয়া উচিত। কিন্তু **আইসোটোপ** আবিষ্কারের ফলে প্রমাণিত হয় যে, একই মৌলের পরমাণুর ভর বিভিন্ন হতে পারে। যেমন হাইড্রোজেনের তিন প্রকারের ভরবিশিষ্ট আইসোটোপ পরমাণু আছে। তাদের ভর যথাক্রমে 1 একক, 2 একক ও 3 একক।

যেমন, $_{1}^{1}H$, $_{1}^{2}H$, $_{1}^{3}H$

৩। **ডালটনের** মতবাদ অনুসারে ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুর ভর বিভিন্ন হবে। কিন্তু **আইসোবার** আবিষ্কারের ফলে প্রমাণিত হয় যে, তা সবসময় সত্য নয়। যেমন নিকেল, তামা ও দস্তা এই তিন মৌলের একটি করে আইসোটোপ আছে যেগুলোর প্রত্যেকটির ভর ৬৪ একক। যেমন, $_{28}^{64}Ni$, $_{29}^{64}Cu$, $_{30}^{64}Zn$

৪। সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য ব্যাপার হচ্ছে, এ মতবাদের প্রধান ভিত্তি অর্থাৎ পরমাণুর অবিভাজ্যতা বর্তমানে ভুল প্রমাণিত হয়েছে। পরমাণু আর পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ নয়। যে কোন পরমাণু ক্ষুদ্রতর কতগুলো কণিকার সমন্বয়ে গঠিত এবং পরমাণুকে এ সব মূল কণিকায় বিভাজন করা সম্ভব।

এছাড়া এক মৌলের পরমাণুকে অন্য মৌলের পরমাণুতে পরিবর্তন করা সম্ভব হয়েছে। আবার বিশেষ বিশেষ মৌলের আইসোটোপ স্বতঃস্ফূর্তভাবে অন্য পরমাণুতে রূপান্তরিত হচ্ছে। তাঁদেরকে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বলা হয়।

## ২.৩। পরমাণু ও পরমাণুর মূল কণিকাসমূহ
### Atom and Its Fundamental Particles

**পরমাণু ঃ** মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, সাধারণত যার স্বাধীন অস্তিত্ব নেই, কিন্তু ক্ষুদ্রতম একক রূপে সরাসরি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে, তাকে পরমাণু বলে। প্রত্যেক মৌলের প্রতীক দ্বারা ঐ মৌলের পরমাণুকে বোঝানো হয়। যেমন, H দ্বারা হাইড্রোজেনের পরমাণু বোঝায়।

**পরমাণুসমূহকে বিভিন্নভাবে ভেঙে যে সব কণা আবিষ্কৃত হয়েছে মোটামুটিভাবে তাদেরকে পরমাণুর মূল কণিকা বলা হয়।** অবশ্য অন্যভাবেও কিছু কিছু কণা সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। তাদের সংখ্যা প্রায় ২০০–এর মত এবং এ সংখ্যা আরও বাড়ছে। **মূল কণিকার সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ**

**মূল উপাদানরূপে যে সব অতি সূক্ষ্ম কণিকা দ্বারা পরমাণু গঠিত, তাদেরকে পরমাণুর মূল কণিকা বলা হয়। মূল কণিকা দু প্রকার; যথা– (১) স্থায়ী মূল কণিকা ও (২) অস্থায়ী মূল কণিকা।**

**(১) স্থায়ী মূল কণিকা ঃ** যে সব মূল কণিকা সব মৌলের পরমাণুতে থাকে, তাদেরকে স্থায়ী মূল কণিকা বলে। স্থায়ী মূল কণিকা তিনটি; যথা– (১) ইলেকট্রন, (২) প্রোটন ও (৩) নিউট্রন।

**(২) অস্থায়ী মূল কণিকা ঃ** যে সব মূল কণিকা কোন কোন মৌলের পরমাণুতে খুবই অল্প সময়ের জন্য অস্থায়ীভাবে থাকে, তাদেরকে অস্থায়ী মূল কণিকা বলে। অস্থায়ী মূল কণিকার কয়েকটি হচ্ছে (১) পাইওন, (২) মিউওন, (৩) নিউট্রিনো ও (৪) মেসন প্রভৃতি। অস্থায়ী মূল কণিকাগুলো সৃষ্টির সঙ্গে সঙ্গে অন্য কণিকায় পরিণত হয়।

**কম্পোজিট কণিকা (Composite particle) ঃ** স্থায়ী মূল কণিকা ও অস্থায়ী মূল কণিকা ব্যতীত আরও এক শ্রেণীর অন্য কণিকা বিভিন্ন পরমাণু থেকে পাওয়া যায়, এদেরকে যৌগিক কণা বা কম্পোজিট কণিকা বলে। যেমন– (১) আলফা কণিকা, (২) ডিউটেরন কণা।

http://pdfcorner.com

## তিনটি স্থায়ী মূল কণিকার বর্ণনা

**(১) ইলেকট্রন (Electron), $^{0}_{-1}e$ ঃ** ১৮৯৭ খ্রিস্টাব্দে স্যার জে. জে. থমসন (Sir. J. J. Thomson) ক্যাথোড রশ্মির উপর পরীক্ষার সময় ইলেকট্রনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। সব প্রকার পরমাণুতে কম-বেশি ইলেকট্রন বিদ্যমান। পদার্থের মধ্যে ইলেকট্রন সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম কণা। (i) একটি ইলেকট্রনের ভর হচ্ছে $9{\cdot}1085 \times 10^{-28}$ g যা একটি প্রোটনের ভরের প্রায় $\frac{1}{1837}$ এর সমান। (ii) ইলেকট্রন ঋণাত্মক চার্জযুক্ত এবং ঋণাত্মক চার্জের পরিমাণ $-1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C (কুলম্ব)। এর চেয়ে কম চার্জ দেখা যায় না। তাই এই পরিমাণ চার্জকে **বৈদ্যুতিক ঋণাত্মক চার্জের একক** ধরা হয়। অর্থাৎ প্রতিটি ইলেকট্রনে এক একক ঋণাত্মক বৈদ্যুতিক চার্জ আছে। (iii) ইলেকট্রনকে 'e' প্রতীক দ্বারা বোঝানো হয়। (iv) ইলেকট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের বাইরে অবস্থান করে।

**(২) প্রোটন (Proton), $^{1}_{1}p$ ঃ** ১৯১৯ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড 'ইলেকট্রনের মত প্রোটনও সব পদার্থের পরমাণুর একটি সাধারণ উপাদান'—এ তথ্য সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন। প্রোটন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বিদ্যমান সর্বাপেক্ষা হাল্কা ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট একটি স্থায়ী বস্তু কণিকা। (i) প্রোটনের ভর $1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ g যা হাইড্রোজেনের পরমাণুর ভরের প্রায় সমান। পারমাণবিক ভর স্কেলে এর পরিমাণ 1·007276 amu। (ii) প্রোটন হচ্ছে প্রকৃতপক্ষে $H^+$ অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন সরিয়ে নিলেই প্রোটন পাওয়া যায়। সুতরাং প্রোটনের বৈদ্যুতিক চার্জের পরিমাণ ইলেকট্রনের সমান, কিন্তু তা ধনাত্মক। এর পরিমাণও $+1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C যা ধনাত্মক চার্জের এক একক। (iii) প্রোটনের প্রতীক হচ্ছে p। (iv) প্রোটন নিউক্লিয়াসে থাকে।

**(৩) নিউট্রন (Neutron), $^{1}_{0}n$ ঃ** ইলেকট্রন ও প্রোটনের মত নিউট্রনও একটি মৌলিক কণিকা। ১৯৩২ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী জেমস চ্যাডউইক সর্বপ্রথম নিউট্রন সম্বন্ধে ধারণা দেন এবং সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, **'হাইড্রোজেন-1 ব্যতীত অন্য যে কোন পরমাণুর অভ্যন্তরে নিউট্রন বিদ্যমান।'** (i) নিউট্রনের ভর $1{\cdot}675 \times 10^{-24}$ g যা ইলেকট্রনের ভরের 1839 গুণ। পারমাণবিক ভর স্কেলে এর পরিমাণ 1·008665 amu। (ii) নিউট্রনের কোন বৈদ্যুতিক চার্জ নেই, অর্থাৎ এটি তড়িৎ নিরপেক্ষ। (iii) নিউট্রনের প্রতীক হচ্ছে n। (iv) এটি পরমাণুর কেন্দ্র নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে।

**সারণি-২·১ ঃ পরমাণুর স্থায়ী মূল কণিকাসমূহের বৈশিষ্ট্য ঃ**

| মূল কণিকার নাম ও প্রতীক | প্রোটনের তুলনায় | | প্রকৃত ভর (গ্রাম এককে) | প্রকৃত চার্জ (কুলম্ব এককে) | অবস্থান |
|---|---|---|---|---|---|
| | ভর | চার্জ | | | |
| প্রোটন, $^{1}_{1}p$ বা p | 1 | +1 | $1.673 \times 10^{-24}$ g | $+1.6 \times 10^{-19}$ C বা, $+4.8 \times 10^{-10}$ esu | নিউক্লিয়াসে |
| নিউট্রন, $^{1}_{0}n$ বা n | 1 | 0 | $1.675 \times 10^{-24}$ g | 0 | নিউক্লিয়াসে |
| ইলেকট্রন, $^{0}_{-1}e$ বা e | $\frac{1}{1837}$ | −1 | $9.1085 \times 10^{-28}$ g | $-1.6 \times 10^{-19}$ C বা, $-4.8 \times 10^{-10}$ esu | কক্ষপথে (নিউক্লিয়াসের বাইরে) |

**(ক) ইলেকট্রনের চার্জ নির্ণয় ঃ** ১৯০৯ খ্রিস্টাব্দে রবার্ট মিলিকন 'তৈল-বিন্দু পরীক্ষা'র সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ ($e^-$) এর মান $1.6 \times 10^{-19}$ C (কুলম্ব) নির্ণয় করেন। অপরদিকে মাইকেল ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পরীক্ষা থেকে জানা যায় 108 g বা, 1 mol $Ag^+$ আয়নকে Ag পরমাণুতে পরিণত করতে 1 mol ইলেকট্রন অর্থাৎ $6.022 \times 10^{23}$ টি ইলেকট্রন ক্রিয়া করে।

$$\underset{1\text{ mol}}{\overset{+}{Ag}} + \underset{1\text{ mol}}{\overset{-}{e}} \rightarrow \underset{1\text{ mol}}{Ag}$$

$$= 108g \qquad = 96{,}500C \qquad = 108g$$

আবার $AgNO_3$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে 108 g Ag ক্যাথোডে জমা হতে 96,500 C (কুলম্ব) বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয়।

অর্থাৎ 1 mol ইলেকট্রনের চার্জ, $N_A \times e^- = 96{,}500$ C

http://pdfcorner.com

$$\therefore \text{ একটি ইলেকট্রনের চার্জ, } e^- = \frac{96{,}500C}{N_A} = \frac{96{,}500\ C}{6.022 \times 10^{23}} = 1.603 \times 10^{-19}\ C \text{ (কুলম্ব)}$$
$$= 1.603 \times 10^{-20} \text{ emu}$$
$$= 4.800 \times 10^{-10} \text{ esu}$$

**(খ) ইলেকট্রনের ভর নির্ণয় ঃ** ১৮৯৭ খ্রিস্টাব্দে স্যার জে. জে. থমসন ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষা থেকে ইলেকট্রনের চার্জ/ভর বা $\frac{e}{m}$ অনুপাত বের করেন এবং এর মান, $\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^8$ C/g (কুলম্ব প্রতি গ্রাম) হয়। আবার ইলেকট্রনের চার্জের মান $1.603 \times 10^{-19}$ C ধরে ইলেকট্রনের ভর (m) নিম্নরূপে বের করা হয় ঃ

ইলেকট্রনের ভর, $m = \frac{e}{e/m} = \frac{1.603 \times 10^{-19}\ C}{1.76 \times 10^8\ C/g} = 9.1080 \times 10^{-28}$ g.

## ২.৪। পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ভর সংখ্যা
### Atomic Number and Atomic Mass Number

**(ক) পারমাণবিক সংখ্যা ঃ কোন মৌলের একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতটি প্রোটন থাকে; প্রোটনের সে সংখ্যাকে ঐ মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বা প্রোটন সংখ্যা বলা হয়।** প্রোটন সংখ্যাকে সাধারণত Z দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, সোডিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 11টি প্রোটন আছে। তাই সোডিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা হল, Z = 11। তদ্রূপ, ক্লোরিনের পারমাণবিক সংখ্যা হল, Z = 17।

মৌলের ধর্ম এর পারমাণবিক সংখ্যার উপর নির্ভর করে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনসমূহ অংশগ্রহণ করে এবং ইলেকট্রনের সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে; কিন্তু প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যার কোন পরিবর্তন ঘটে না।

**(খ) পারমাণবিক ভর সংখ্যা ঃ** কোন পরমাণুর ভর মূলত এর নিউক্লিয়াসে পুঞ্জীভূত থাকে। নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে বলে এদেরকে একত্রে **নিউক্লিয়ন** (nucleon) বলে। **কোন মৌলের পরমাণুর প্রোটন ও নিউট্রনের মোট সংখ্যাকে নিউক্লিয়ন সংখ্যা বা পারমাণবিক ভর সংখ্যা বা মাস–সংখ্যা বলা হয়।**

নিউক্লিয়ন সংখ্যাকে A দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যা যথাক্রমে p ও n হলে, তখন ঐ মৌলের পারমাণবিক ভর সংখ্যা, A = (p + n) হবে। যেমন, কার্বনের পরমাণুতে প্রোটন সংখ্যা হল 6 ও নিউট্রন সংখ্যা হল 6। তাই কার্বনের পারমাণবিক ভর সংখ্যা, A = (6 + 6) = 12।

**(গ) মৌলের পাঃ সংখ্যা, ভর সংখ্যা, চার্জ ও পরমাণু সংখ্যা লেখার নিয়ম ঃ**

কোন মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা (Z)-কে প্রতীকের বাম পার্শ্বের নিচে, মৌলের ভর সংখ্যা (A)-কে প্রতীকের বাম পার্শ্বের উপর দিকে লেখা হয়। এছাড়া অণুস্থিত পরমাণুর সংখ্যা (n)-কে প্রতীকের ডান পার্শ্বের নিচে, আয়নের চার্জ সংখ্যা (m±) কে প্রতীকের ডান পার্শ্বের উপরদিকে লেখা হয়। কোন মৌলের প্রতীককে X ধরে উপরিউক্ত সব নিয়মকে নিম্নমতে লেখা হয়। যেমন–

$$^{A}_{Z}X^{m\pm}_{n}$$

## ২.৫। আইসোটোপ
### Isotope

ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ অনুযায়ী একটি মৌলের সব পরমাণু সমান ভরবিশিষ্ট। কিন্তু পরবর্তীকালে দেখা যায় যে, একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণুর কয়েক প্রকারের ভর হতে পারে। যেমন, প্রকৃতিতে যে অক্সিজেন পাওয়া যায়, তার মধ্যে প্রায় সব পরমাণুর ভর ১৬ একক হলেও কিছু সংখ্যক পরমাণুর ভর ১৮ একক এবং অতি নগণ্য সংখ্যক পরমাণুর ভর ১৭ একক হয়। ১৯১৯ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী এস্টন মাস স্পেকট্রোগ্রাফ যন্ত্র ব্যবহার করে নিয়নের দুটি ভিন্ন ভরের পরমাণু শনাক্ত করেন যেমন Ne-20 ও Ne-22 এবং এস্টনই সর্বপ্রথম একই মৌলের বিভিন্ন ভরযুক্ত পরমাণুসমূহকে মৌলের আইসোটোপ নামকরণ করেন। **আইসোটোপের সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ যে সব পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা সমান; কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন হয়; সে সব পরমাণুকে পরস্পরের আইসোটোপ বলা হয়।**

http://pdfcorner.com

আইসোটোপগুলো একই মৌলের পরমাণু। একই মৌলের এসব পরমাণু পর্যায় সারণিতে একই স্থানের জন্য নির্দিষ্ট; তাই এদের আইসোটোপ নামকরণ করা হয়েছে (iso = একই, topos = স্থান)। যেমন,

হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ আছে; এরা হল প্রোটিয়াম ($^1_1H$), ডিউটেরিয়াম ($^2_1H$), ট্রিটিয়াম ($^3_1H$)।

উল্লেখযোগ্য যে, (১) ভরের পার্থক্যের জন্য একই মৌলের আইসোটোপসমূহের মধ্যে রাসায়নিক ধর্মের কোন পার্থক্য দেখা যায় না। ভৌত ধর্মেরও কোন বিশেষ পার্থক্য দেখা যায় না। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে তার পরিমাণগত পার্থক্য থাকতে পারে। (২) তবে ভারী আইসোটোপের স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক একটু বেশি হবে, যা অনেকক্ষেত্রে উপেক্ষা করা যায়। (৩) পর্যায় সারণিতেও মৌলের অবস্থান দ্বারাই সেই মৌলের সব আইসোটোপের অবস্থান নিশ্চিত হয়। দু-একটি মৌল (যেমন Na, Au) বাদে প্রকৃতিতে প্রায় সব মৌলের একাধিক আইসোটোপ আছে। তাছাড়া বর্তমানে কৃত্রিমভাবে সব মৌলের বহু আইসোটোপ সৃষ্টি করা হয়েছে। এ পর্যন্ত প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ও কৃত্রিমভাবে সৃষ্ট মৌলের সংখ্যা ১১২; সর্বমোট আইসোটোপের সংখ্যা প্রায় ১৩০০।

## ২.৬। আইসোবার ও আইসোটোন
### Isobar and Isotone

**(ক) আইসোবার ঃ যে সব পরমাণুর ভর সংখ্যা অর্থাৎ নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের মোট সংখ্যা সমান হয়, কিন্তু প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন হয়; তাদেরকে আইসোবার বলা হয়।** আইসোবারসমূহ অবশ্যই ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণু। যেমন, কপারের আইসোটোপ $^{64}_{29}Cu$ এবং জিংকের আইসোটোপ $^{64}_{30}Zn$ হল পরস্পরের আইসোবার। উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মোট প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা 64; কিন্তু তাদের প্রোটন সংখ্যা ভিন্ন। আইসোবার পরমাণুর ভৌত ও রাসায়নিক উভয় প্রকার ধর্ম ভিন্ন হয়।

**(খ) আইসোটোন ঃ যে সব পরমাণুর নিউট্রন সংখ্যা সমান থাকে; কিন্তু প্রোটন সংখ্যা ও ভর সংখ্যা ভিন্ন হয়, তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোন বলা হয়।** যেমন $^{30}_{14}Si$, $^{31}_{15}P$ এবং $^{32}_{16}S$ হল পরস্পরের আইসোটোন। কারণ প্রত্যেকের বেলায় নিউট্রন সংখ্যা 16টি; কিন্তু তাদের ভর সংখ্যা ও প্রোটন সংখ্যা অসমান।

## ২.৭। পরমাণুর ভর ও আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর
### Mass of an Atom and Relative Atomic Mass

**(ক) আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর ঃ** পরমাণু এত ছোট যে, শক্তিশালী মাইক্রোস্কোপ দ্বারাও দেখা যায় না এবং রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন করা যায় না। সেজন্য বিজ্ঞানীরা পরোক্ষভাবে পরমাণুর প্রকৃত ভর স্থির করেছেন। যেমন,

হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণুর প্রকৃত ভর $= 0.1673 \times 10^{-23}$ g

কার্বনের ১টি পরমাণুর প্রকৃত ভর $= 1.9924 \times 10^{-23}$ g

অক্সিজেনের ১টি পরমাণুর প্রকৃত ভর $= 2.6560 \times 10^{-23}$ g

উপরিউক্ত গ্রাম এককে প্রকাশিত পরমাণুসমূহের ক্ষুদ্র ভর নিয়ে রাসায়নিক গণনা করা সম্ভব নয়। এ কারণে কোন একটি মৌলের একটি পরমাণুর ভরকে 'একক' বা স্ট্যান্ডার্ড ধরে তার সাপেক্ষে বিভিন্ন মৌলের এক একটি পরমাণু কতগুণ ভারী তা নির্ণয় করা হয়। একেই সংশ্লিষ্ট মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর বলা হয়। যেমন ১টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরকে একক বা স্ট্যান্ডার্ড ধরলে তখন কার্বন পরমাণুর আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর ১২ হয়। তা নিম্নে হিসাব করে দেখানো হল ঃ

$$\text{কার্বনের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর} = \frac{1.9924 \times 10^{-23}\ \text{g}}{0.1673 \times 10^{-23}\ \text{g}} = 12 \text{ (প্রায়)}$$

বিভিন্ন বিজ্ঞানী এ যাবৎ আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর প্রকাশের জন্য তিনটি স্ট্যান্ডার্ড বা স্কেল ব্যবহার করেছেন। যেমন- (১) হাইড্রোজেন স্কেল, (২) অক্সিজেন স্কেল ও (৩) কার্বন স্কেল।

http://pdfcorner.com

১৯৬১ খ্রিস্টাব্দ (IUPAC সম্মেলন) থেকে বিজ্ঞানীরা সর্বসম্মতিক্রমে সব ক্ষেত্রে কার্বন–স্কেল ব্যবহার করে এসেছেন। **কার্বন–স্কেল মতে আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর বা পারমাণবিক ভরের সংজ্ঞা** নিম্নরূপ ঃ

**সংজ্ঞা ঃ** কার্বন– 12 আইসোটোপ ($^{12}C$) এর একটি পরমাণুর ভরকে 12 একক ধরে অন্যান্য মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর নির্ণয় করা হয়। কোন মৌলের একটি পরমাণুর ভর কার্বন–12 আইসোটোপের ভরের $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় যতগুণ ভারী, সে সংখ্যাকে ঐ মৌলের পারমাণবিক ভর বলা হয়। অর্থাৎ

$$\text{মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর} = \frac{\text{মৌলের ১টি পরমাণুর ভর}}{\text{'কার্বন– 12' এর ১টি পরমাণুর ভর} \times \frac{1}{12}}$$

'কার্বন– 12' আইসোটোপের ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে 'এ্যাটমিক মাস ইউনিট' সংক্ষেপে a.m.u বলা হয়। এর অপর নাম **ডালটন** (dalton)। 1 dalton = $1.6605 \times 10^{-24}$ g. আপেক্ষিক পারমাণবিক ভরকে 'পারমাণবিক ভর'ও বলা হয়। এটা একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা।

**উদাহরণ ঃ** অক্সিজেনের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর $= \frac{\text{অক্সিজেনের ১টি পরমাণুর ভর} \times 12}{\text{কার্বন-12 এর ১টি পরমাণুর ভর}}$

$$= \frac{2.6560 \times 10^{-23} \times 12}{1.9924 \times 10^{-23}} = 15.99678779$$

**(খ) পারমাণবিক ভর একক (amu)* ঃ** পরমাণুর ভর মাপার জন্য ১৯৬১ খ্রিস্টাব্দের IUPAC সম্মেলনে যে একক ব্যবহার করার জন্য প্রস্তাব করা হয়, তা হচ্ছে **পারমাণবিক ভর একক** (atomic mass unit **সংক্ষেপে amu**)। 1 amu = $1.6605 \times 10^{-24}$ g। একটি কার্বন-12 পরমাণুর ভরকে 12 amu একক ধরে এর হিসাব করা হয়।

∴ পরমাণুর ভর = আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর × $1.6605 \times 10^{-24}$ g।

ভরের প্রচলিত একক গ্রামের সাথে এর সম্পর্ক নিম্নরূপে স্থাপন করা যায় ঃ

কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ হয়, সেই পরিমাণ মৌলিক পদার্থকে তার এক **গ্রাম পরমাণু** বলা হয়। যেমন, কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। সুতরাং 12 g কার্বন হল 1 গ্রাম পরমাণু কার্বন।

এক গ্রাম–পরমাণু পরিমাণ মৌলিক পদার্থে $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু থাকে। এ সংখ্যা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro number) হিসেবে পরিচিত। সুতরাং 12 g কার্বনে $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকবে। ফলে

একটি কার্বন-12 পরমাণুর ভর $= \frac{12}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ g

$$\therefore \text{পারমাণবিক ভর একক} = \frac{\text{১টি কার্বন–12 পরমাণুর ভর}}{12}\,(g) = \frac{12}{6{\cdot}022 \times 10^{23} \times 12}\,.\,(g)$$

$$= \frac{1}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}\,(g) = 1{\cdot}6605 \times 10^{-24}\ g = 1{\cdot}6605 \times 10^{-27}\ kg$$

পারমাণবিক ভর একক ব্যবহার করলে একটি পরমাণুর ভর সেই মৌলের পারমাণবিক ভরের সমান সংখ্যাবিশিষ্ট হয়। কিন্তু গ্রাম, কিলোগ্রাম একক ব্যবহারে সেই মান সম্পূর্ণ ভিন্ন হয়। যেমন, অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর 16। অক্সিজেন পরমাণুর ভর 16 পারমাণবিক ভর একক (বা amu) = $16 \times 1{\cdot}6605 \times 10^{-24}$ g = $2{\cdot}6568 \times 10^{-23}$ g বা, $2{\cdot}6568 \times 10^{-26}$ kg। অনুরূপভাবে পানির আণবিক ভর 18। সুতরাং পানির একটি অণুর ভর = 18 amu = $18 \times 1{\cdot}6605 \times 10^{-24}$ g = $2{\cdot}9889 \times 10^{-23}$ g = $2{\cdot}9889 \times 10^{-26}$ kg।

## ২.৮। আইসোটোপের আপেক্ষিক পরিমাণ ও মৌলের পারমাণবিক ভর

### Relative amount of Isotopes and Atomic Mass of Elements

প্রকৃতিতে যে সব মৌল পাওয়া যায়, তাদের আইসোটোপসমূহের আপেক্ষিক প্রাচুর্য সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের। উদাহরণস্বরূপ, প্রাকৃতিক অক্সিজেনে তিনটি আইসোটোপ যেমন– অক্সিজেন–16, অক্সিজেন–17, অক্সিজেন–18 বিদ্যমান। এদের আপেক্ষিক প্রাচুর্য যথাক্রমে 99·76%, 0·037% ও 0·204%। প্রকৃতিতে কার্বনের দুটি স্থায়ী

http://pdfcorner.com

আইসোটোপ বিদ্যমান। এরা হচ্ছে কার্বন–12, কার্বন–13। এদের আপেক্ষিক প্রাচুর্য যথাক্রমে 98·89%, 1·11%। মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের পারমাণবিক ভর ও শতকরা পরিমাণ থেকে মৌলের পারমাণবিক ভর নিম্নরূপে নির্ধারিত হয়।

মনে করি, একটি মৌলের তিনটি আইসোটোপ আছে যাদের পারমাণবিক ভর যথাক্রমে, $M_1$, $M_2$, $M_3$ এবং আপেক্ষিক প্রাচুর্য যথাক্রমে a%, b%, c%।

সুতরাং সে মৌলের ১০০টি পরমাণুর মধ্যে a সংখ্যক পরমাণুর প্রতিটির ভর $M_1$ a.m.u, b সংখ্যক পরমাণুর প্রতিটির ভর $M_2$ a.m.u. এবং c সংখ্যক পরমাণুর প্রতিটির ভর $M_3$ a.m.u। সুতরাং ১০০টি পরমাণুর ভর হচ্ছে = $(aM_1 + bM_2 + cM_3)$ a.m.u ।

সুতরাং সে মৌলের একটি পরমাণুর গড় ভর = $\left(\frac{aM_1 + bM_2 + cM_3}{100}\right)$ a.m.u ।

এটিই সেই পরমাণুর গ্রাম পারমাণবিক ভর নির্দেশ করে।

**উদাহরণ ২·১। প্রকৃতিতে ক্লোরিনের দুটি আইসোটোপ বিদ্যমান। এদের ভর যথাক্রমে 35 ও 37 পারমাণবিক ভর একক এবং এদের প্রাচুর্য হচ্ছে যথাক্রমে 75·53% ও 24·47%। ক্লোরিনের পারমাণবিক ভর বের কর।**

**সমাধান ঃ** এখানে, প্রথমটির আপেক্ষিক পরিমাণ, a =75·53% দ্বিতীয়টির আপেক্ষিক পরিমাণ, b = 24·47%
প্রথমটির পাঃ ভর A = 35, দ্বিতীয়টির পাঃ ভর, B = 37

∴ সূত্র মতে ক্লোরিনের পারমাণবিক ভর = $\frac{(35 \times 75{\cdot}53 + 37 \times 24{\cdot}47)}{100}$ = 35·45 (**উত্তর**)।

**উদাহরণ ২·২। প্রাকৃতিক অক্সিজেনে $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$ এর পরিমাণ যথাক্রমে 99·76%, 0·037%, 0·204% হলে অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ**

প্রশ্নমতে, প্রকৃতিতে 100টি অক্সিজেন পরমাণুর মধ্যে গড়ে 99·76টি পরমাণুর ভর 16 a.m.u, 0·037টি অক্সিজেন পরমাণুর ভর 17 a.m.u. এবং 0·204টি পরমাণুর ভর 18 a.m.u । সুতরাং 100টি অক্সিজেন পরমাণুর সর্বমোট ভর = $(16 \times 99{\cdot}76 + 17 \times 0{\cdot}037 + 18 \times 0{\cdot}204)$ = 1599·9 a.m.u.

সুতরাং একটি অক্সিজেন পরমাণুর গড় ভর = $\frac{1599{\cdot}9}{100}$ = 15·999 a.m.u.

∴ অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর = 15·999 (**উত্তর**)।

## ২.৯। পরমাণুতে প্রোটন, ইলেকট্রন ও নিউট্রন সংখ্যার সম্পর্ক

### Relationship among Number of Protons, Electrons and Neutrons

পরমাণু সামগ্রিকভাবে কোনরূপ চার্জযুক্ত থাকে না। যেহেতু নিউট্রন চার্জবিহীন, সেহেতু পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা অবশ্যই সমান হবে। কেননা, প্রোটন ও ইলেকট্রনের আধান বিপরীতধর্মী ও সমপরিমাণের। অপরদিকে ইলেকট্রনের ভর প্রোটন ও নিউট্রনের তুলনায় অতি নগণ্য বলে একটি পরমাণুর ভর এর প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা দ্বারাই নিরূপিত হয়। সব আইসোটোপের পারমাণবিক ভর সাধারণত একটি অখণ্ড সংখ্যার খুব কাছাকাছি হয়। এ অখণ্ড সংখ্যাকে আইসোটোপের ভর সংখ্যা বলা হয় এবং তা সেই আইসোটোপে বিদ্যমান প্রোটন ও নিউট্রনের সর্বমোট সংখ্যা নির্দেশ করে। প্রতিটি মৌলের আবার নির্দিষ্ট পারমাণবিক সংখ্যা আছে। বর্তমানে এটি নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত যে, **একটি মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা সে মৌলের পরমাণুতে বিদ্যমান প্রোটনের সংখ্যার সমান।** উপরোক্ত আলোচনা হতে এ সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, কোন আইসোটোপের ভর সংখ্যা A এবং সে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা Z হলে সে আইসোটোপে Zটি প্রোটন, Zটি ইলেকট্রন ও (A – Z) টি নিউট্রন আছে। সারণি ২.২ থেকে তা পরিষ্কার হবে।



http://pdfcorner.com

সারণি ২.২ হতে এটি স্পষ্ট যে, $^{12}C$, $^{13}C$-এর মধ্যে এবং $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$-এর মধ্যে একমাত্র পার্থক্য নিউট্রনের সংখ্যা। অর্থাৎ নিউট্রনের সংখ্যার তারতম্যের জন্যই আইসোটোপের সৃষ্টি। যেহেতু **একই মৌলের সব আইসোটোপের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একই**, সেহেতু একথা নিশ্চিতভাবে বলা চলে যে, **ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলির উপর নিউট্রনের কোন প্রভাব নেই**। প্রশ্ন উঠে, পরমাণুর ভেতরে নিউট্রন, প্রোটন, ইলেকট্রন কোথায় এবং কীভাবে থাকে। নিউট্রন আবিষ্কারের বহু পূর্বেই রাদারফোর্ড প্রমাণ করেন যে, পরমাণুতে দুটি ভাগ আছে; একটি কেন্দ্র এবং অপরটি কেন্দ্রের চারদিকে পরিক্রমণরত ইলেকট্রনসমূহ। বর্তমানে এটি সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত যে, নিউট্রন ও প্রোটনসমূহ কেন্দ্রে থাকে।

**সারণি–২.২ ঃ C, N, O এর কয়েকটি আইসোটোপে নিউট্রন, প্রোটন ও ইলেকট্রনের সংখ্যার সম্পর্ক।**

| আইসোটোপ | বিভিন্ন কণিকার সংখ্যা | | | সর্বমোট ভর সংখ্যা | সর্বমোট আধান বা চার্জ |
|---|---|---|---|---|---|
| | প্রোটন | ইলেকট্রন | নিউট্রন | প্রোটন + নিউট্রন = মোট | প্রোটন + ইলেকট্রন + নিউট্রন = মোট |
| $^{12}_{6}C$ | 6 | 6 | 6 | 6 + 6 = 12 | +6 + (–6) + 0 = 0 |
| $^{13}_{6}C$ | 6 | 6 | 7 | 6 + 7 = 13 | +6 + (–6) + 0 = 0 |
| $^{14}_{7}N$ | 7 | 7 | 7 | 7 + 7 = 14 | +7 + (–7) + 0 = 0 |
| $^{15}_{7}N$ | 7 | 7 | 8 | 7 + 8 = 15 | +7 + (–7) + 0 = 0 |
| $^{16}_{8}O$ | 8 | 8 | 8 | 8 + 8 = 16 | +8 + (–8) + 0 = 0 |
| $^{17}_{8}O$ | 8 | 8 | 9 | 8 + 9 = 17 | +8 + (–8) + 0 = 0 |
| $^{18}_{8}O$ | 8 | 8 | 10 | 8 + 10 = 18 | +8 + (–8) + 0 = 0 |

## ২.১০। রাদারফোর্ড কর্তৃক আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা ঃ নিউক্লিয়াস আবিষ্কার

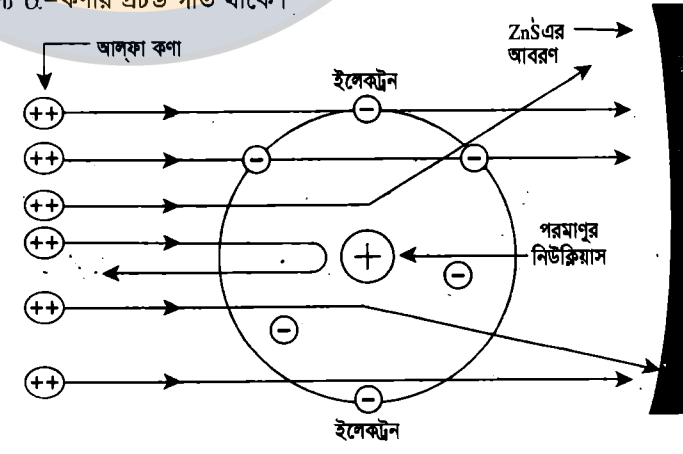
### Rutherford's α-Particle Scattering Experiment : Nucleus discovery

ইলেকট্রন আবিষ্কারের পর পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন অভিমত প্রকাশ করেন। এ সম্পর্কে নিশ্চিত প্রমাণ লাভের উদ্দেশ্যে ১৯১১ খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড আলফা (α) কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি করেন। তাঁর পরীক্ষার কিছুদিন পূর্বেই আবিষ্কৃত হয় যে, রেডিয়াম ($_{88}Ra$), ইউরেনিয়াম ($_{92}U$) ইত্যাদি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে আলফা কণা বিকিরিত হয়। হিলিয়াম পরমাণু হতে দুটি ইলেকট্রন বের করে নিলে যে দ্বিধনাত্মক হিলিয়াম নিউক্লিয়াস হয় তাই α–কণা। অবশ্য α–কণার প্রচণ্ড গতি থাকে।

**রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় ব্যবহৃত উপকরণসমূহ ঃ**

(১) তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত α-কণা, (২) পাতলা সোনার পাত (0.0004 cm পুরু), (৩) জিংক সালফাইড (ZnS) আবরণযুক্ত পর্দা।

**রাদারফোর্ডের পরীক্ষার বর্ণনা ঃ** বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড প্রচণ্ড শক্তিসম্পন্ন আলফা কণাসমূহকে একটি পাতলা সোনার পাতের (0.0004 cm) উপর নিক্ষেপ করেন। সোনার পাতের পেছনে জিংক সালফাইড (ZnS) আবরণযুক্ত একটি গোলাকার পর্দা রাখেন। ZnS আবরণীর উপর পতিত α-কণা আলোকচ্ছটা সৃষ্টি করে।




চিত্র ২.১ ঃ রাদারফোর্ডের α–কণা ($He^{2+}$) বিচ্ছুরণ পরীক্ষা।

http://pdfcorner.com

**পর্যবেক্ষণ ঃ** তিনি লক্ষ করেন যে,

(১) প্রায় 99% আল্‌ফা কণাই এ পাত ভেদ করে সোজাসুজি চলে যায় এবং ZnS পর্দাকে দীপ্তিমান বা আলোকিত করে।

(২) তবে মাত্র কয়েকটি $\alpha$-কণা তাদের পথ থেকে বেঁকে যায়।

(৩) খুব কম সংখ্যক আল্‌ফা কণা (প্রায় ২০,০০০ এর মধ্যে ১টি) সোজা বিপরীত দিকে ফিরে আসে।

**সিদ্ধান্ত ঃ** এ পরীক্ষা থেকে **রাদারফোর্ড নিম্নোক্ত সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেন ঃ**

(১) **পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা।** যেহেতু আলফা কণার তুলনায় ইলেক্ট্রনের ভর অতি নগণ্য, সেহেতু এই ফাঁকা স্থানে ইলেকট্রন থাকতে পারে। তবে এরা আলফা কণার গতিপথের কোন পরিবর্তন ঘটাতে পারে না।

(২) যেহেতু খুব কমসংখ্যক $\alpha$-কণা বিপরীত দিকে ফিরে আসে, এতে প্রমাণিত হয় ঐ $\alpha$-কণা সোজাসুজি এর অপেক্ষা বহু ভারী কোন কিছুর সাথে সংঘর্ষে পতিত হয় বা তা দ্বারা বিকর্ষিত হয়। অর্থাৎ **পরমাণুর কেন্দ্রে পরমাণুর সমগ্র ভর অতি ক্ষুদ্র স্থান দখল করে আছে।**

(৩) যেহেতু আলফা কণাসমূহ ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং এক্ষেত্রে বিকর্ষিত হয়, সেহেতু পরমাণুর কেন্দ্রও ধনাত্মক চার্জযুক্ত হবে। তিনি **ভারী ও ধনাত্মক চার্জযুক্ত পরমাণুর এ কেন্দ্রকে নিউক্লিয়াস** (nucleus) নামকরণ করেন।

(৪) আলফা কণার গতিপথের পরিবর্তন হিসাব করে দেখান যে, পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জের পরিমাণ মৌলের পারমাণবিক সংখ্যার সমান।

(৫) পরমাণুর আকার (H পরমাণুর ব্যাস $1 \times 10^{-8}$ cm বা 0.1 nm) এর তুলনায় নিউক্লিয়াসের আকার (ব্যাস $1 \times 10^{-12} \sim 10^{-13}$ cm) খুবই ছোট। এ আকারগত সম্পর্ক হল পরমাণুটি এর নিউক্লিয়াস থেকে ১০ হাজার থেকে ১ লক্ষ গুণ বড়।

## ২.১১। পরমাণু মডেল
## Atom Model

১৮৯৭—১৯৩২ খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত বিভিন্ন বিজ্ঞানী পরমাণুর উপর বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর প্রাপ্ত তথ্য থেকে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে যে মতবাদ উপস্থাপন করেন; তা "পরমাণু মডেল" নামে পরিচিত। যেমন–

১। থমসন plum-pudding পরমাণু মডেল ঃ 1898 খ্রিস্টাব্দে প্রস্তাবিত।

২। রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল ঃ 1911 খ্রিস্টাব্দে প্রস্তাবিত।

৩। বোর পরমাণু মডেল ঃ 1913 খ্রিস্টাব্দে প্রস্তাবিত।

৪। বোর–সমারফিল্ড পরমাণু মডেল ঃ 1916 খ্রিস্টাব্দে প্রস্তাবিত।

৫। তরঙ্গ বলবিদ্যা পরমাণু মডেল ঃ 1924 খ্রিস্টাব্দে লুই দ্য ব্রগলি কর্তৃক প্রস্তাবিত।

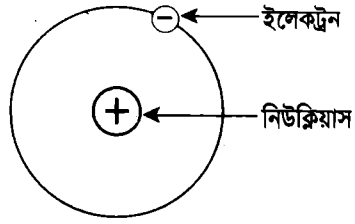
### ২.১১.১। রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল
### Rutherford's Atom Model

আল্‌ফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার সিদ্ধান্তের উপর ভিত্তি করে ১৯১১ খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড পরমাণুর গঠন সম্পর্কে একটি মডেল প্রদান করেন। **রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলটি নিম্নরূপ ঃ**

(১) পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে একটি ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট ভারী বস্তু বিদ্যমান। এই ভারী বস্তুকে পরমাণুর কেন্দ্র বা **নিউক্লিয়াস** বলা হয়। পরমাণুর মোট আয়তনের তুলনায় নিউক্লিয়াসের আয়তন অতি নগণ্য। নিউক্লিয়াসে পরমাণুর সমস্ত ধনাত্মক চার্জ ও প্রায় সমস্ত ভর কেন্দ্রীভূত।

(২) পরমাণু বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ। অতএব নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক চার্জ সংখ্যার সমান সংখ্যক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে পরিবেষ্টিত করে রাখে।

(৩) সৌরজগতে সূর্যের চারদিকে ঘূর্ণায়মান গ্রহসমূহের মত পরমাণুর ইলেকট্রনগুলো এর কেন্দ্রস্থ নিউক্লিয়াসের চারদিকে সতত ঘূর্ণায়মান। ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের ও ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট ইলেকট্রনসমূহের পারস্পরিক স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণজনিত কেন্দ্রমুখী বল এবং ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কেন্দ্রবহির্মুখী বল পরস্পর সমান অর্থাৎ পরস্পরকে সমভার করে (counter-balanced)।




চিত্র ২.২ ঃ রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল।

http://pdfcorner.com

রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলে নিউক্লিয়াসের ধারণা অন্তর্ভুক্ত আছে বলে একে পরমাণুর **নিউক্লিয়ার মডেলও** বলে। আবার সৌরজগতের সাথে সাদৃশ্য রেখে মডেলটি কল্পনা করা হয়েছে বলে তাকে **সোলার সিস্টেম এটম মডেল** (solar system atom model)-ও বলা হয়।

## ২.১২। রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা
### Limitations of Rutherford's Atom Model

রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলের প্রধান দিক যেমন পরমাণুর একটি নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিয়াস বহির্ভূত ইলেকট্রন অঞ্চল আছে—তা আজ সর্বজনস্বীকৃত ও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। কিন্তু **সৌরমণ্ডলের ন্যায় পরমাণুর যে মডেল রাদারফোর্ড প্রদান করেন, তার প্রধান ত্রুটি বা সীমাবদ্ধতা হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ**

১। সৌরমণ্ডলের গ্রহসমূহ সামগ্রিকভাবে চার্জবিহীন, অথচ ইলেকট্রনসমূহ ঋণাত্মক চার্জযুক্ত এবং পরস্পরকে স্থির বৈদ্যুতিক বল দ্বারা বিকর্ষণ করে। অপরদিকে গ্রহসমূহ মহাকর্ষ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। সুতরাং গ্রহগুলোর সাথে ইলেকট্রনের তুলনা সঠিক হয়নি।

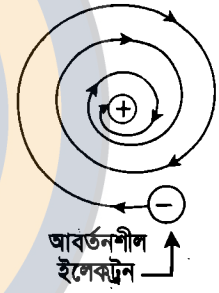
২। ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বানুসারে কোন চার্জযুক্ত বস্তু বা কণা কোন বৃত্তাকার পথে ঘুরলে তা ক্রমাগতভাবে শক্তি বিকিরণ করবে এবং আর আবর্তনচক্রও ধীরে ধীরে কমতে থাকবে। সুতরাং এক্ষেত্রে ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রনসমূহ ক্রমশ শক্তি হারাতে হারাতে নিউক্লিয়াসে পতিত হবে। অর্থাৎ রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল সম্পূর্ণভাবে একটি অস্থায়ী অবস্থা হবে। অথচ পরমাণু হতে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ বা ইলেকট্রনসমূহের নিউক্লিয়াসে পতন কখনই ঘটে না।

৩। পরমাণুর বর্ণালী সম্বন্ধে কোন সুষ্ঠু ব্যাখ্যা এ মডেল দিতে পারে না। যেমন শক্তি বিকিরণ অবিচ্ছিন্নভাবে ঘটে; তাই পরমাণুর বর্ণালীতে সৃষ্ট রেখাসমূহ অবিচ্ছিন্ন হওয়া স্বাভাবিক। কিন্তু বর্ণালীতে সৃষ্ট রেখাসমূহ বিচ্ছিন্ন ও বেশ উজ্জ্বল হয়।

৪। আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কক্ষপথের আকার ও আকৃতি সম্বন্ধে কোন ধারণা রাদারফোর্ডের মডেলে দেয়া হয়নি।

৫। একাধিক ইলেকট্রন বিশিষ্ট পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কীভাবে পরিক্রমণ করে, তার কোন উল্লেখ এ মডেলে নেই।

পরবর্তীতে বোর এ মডেলের উপর ভিত্তি করে নতুন মডেল প্রকাশ করেন। তবে তা আলোচনার পূর্বে অন্য দু–একটি বিষয় সম্পর্কে আলোচনা করা প্রয়োজন।




চিত্র ২.৩ ঃ আবর্তনশীল ইলেকট্রনের সম্ভাব্য ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ ও নিউক্লিয়াসে পতন।

## ২.১৩। আলোক কী
### What is light

আলো এক প্রকার বিকীর্ণ শক্তি তরঙ্গ। এ বিকীর্ণ শক্তি তরঙ্গ সৃষ্টি করে স্পন্দন সহকারে উৎস থেকে সর্বদিকে ছড়িয়ে পড়ে। আলোর গতিবেগ মাধ্যমের উপর নির্ভরশীল। শূন্যে আলোর বেগ সেকেন্ডে প্রায় $2.9979 \times 10^8$ m (সংক্ষেপে $3 \times 10^8$ m বা, $3 \times 10^{10}$ cm)। আলোক শক্তি তরঙ্গ হওয়ায় আলোর তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ও স্পন্দন সংখ্যা বা কম্পাঙ্ক বা ফ্রিক্যুয়েন্সি (frequency) রয়েছে, যা নিম্নরূপে পরস্পরের সাথে ব্যস্তানুপাতিক হয়ে থাকে।

$n\lambda = v$ (শব্দের বেগ), এখানে $\lambda$ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

$\nu\lambda = c$ (আলোর বেগ)

স্পন্দন সংখ্যা বা কম্পাঙ্ককে আলোর বেলায় $\nu$ ('নিউ' উচ্চারণ) দ্বারা ও শব্দের বেলায় n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অবশ্য আলোর বেলায় $\nu$ এর মান খুব বেশি হওয়ায় অনেক ক্ষেত্রে তাকে c দ্বারা ভাগ করে $\bar{\nu}$ ('নিউ–বার') দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{\nu}{\nu\lambda} = \frac{1}{\lambda}$$

http://pdfcorner.com

$\bar{\nu}$ প্রকৃতপক্ষে প্রতি সেন্টিমিটারে তরঙ্গ–সংখ্যা প্রকাশ করে। এ কারণে $\bar{\nu}$ কে তরঙ্গ–সংখ্যা (wave number) বলা হয়।

আলোক শক্তি তরঙ্গ নিজে অদৃশ্য, কিন্তু যে আলোক অন্য বস্তুকে দৃশ্যমান করে, তাকে দৃশ্যমান আলো বলে। এ দৃশ্যমান আলো ছাড়াও আরো অনেক অদৃশ্য আলো আছে। যেমন, গামা রশ্মি, রঞ্জন রশ্মি, অতিবেগুনি রশ্মি, অবলোহিত রশ্মি, রেডিও ও টেলিভিশনের তরঙ্গ প্রভৃতি। **এদের মধ্যে মূল পার্থক্য হচ্ছে এদের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ও ফ্রিক্যুয়েন্সি বা স্পন্দন সংখ্যায়।**

বিজ্ঞানী ম্যাক্সওয়েল (Maxwell) প্রমাণ করেন যে, সব ধরনের দৃশ্য ও অদৃশ্য আলোর উৎপত্তি বিদ্যুৎ ও চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে হয়। এজন্য সব ধরনের আলোককে একত্রে বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ রশ্মি বলা হয়। দৃশ্যমান আলো হল বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ রশ্মির সামান্য অংশ মাত্র। সমগ্র বিকিরণ শক্তির অধিকাংশই অদৃশ্য। বিভিন্ন ধরনের বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য (একক ন্যানোমিটারে nm = $10^{-9}$ m) নিচে দেয়া হল ঃ

* মহাজাগতিক রশ্মির তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ < 0.00005 nm

গামা রশ্মির তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ 0.0005 – 0.15 nm

রঞ্জন রশ্মির তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ 0.01 – 10 nm

অতিবেগুনি রশ্মির তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ < 380 nm

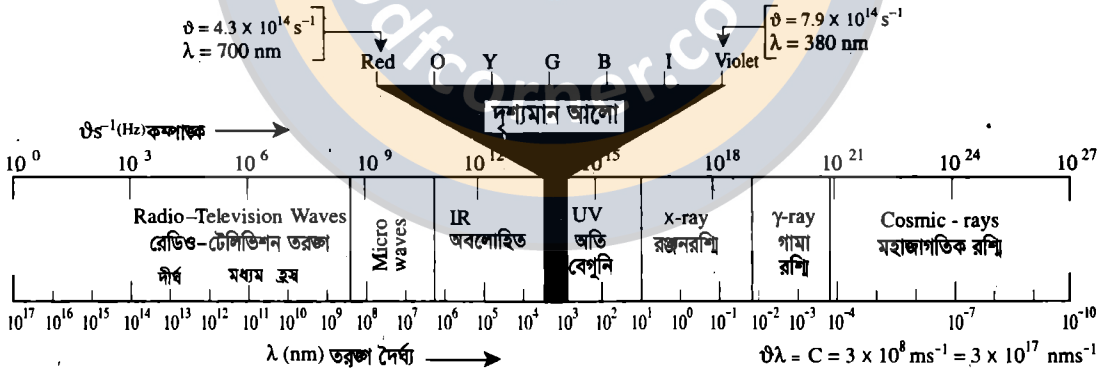
**দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ 380 – 700 nm**

অবলোহিত আলোর তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ > 700 nm

রেডিও ও টেলিভিশন তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ঃ > $2.2 \times 10^5$ nm

দৃশ্যমান আলোর মধ্যে বিভিন্ন ধরনের আলোক তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য (মোটামুটি) নিম্নরূপ ঃ

| | | |
|---|---|---|
| বেগুনি | 380 — 424 nm | V |
| নীল | 424 — 450 nm | I |
| আসমানী | 450 — 500 nm | B |
| সবুজ | 500 — 575 nm | G |
| হলুদ | 575 — 590 nm | Y |
| কমলা | 590 — 647 nm | O |
| লাল | 647 — 700 nm | R |




চিত্র ২.৪ ঃ বিদ্যুৎ–চৌম্বকীয় বিকিরণের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্ক বা স্পন্দন–সংখ্যা।

বিভিন্ন ধরনের বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য ও স্পন্দন সংখ্যা ২.৪ নং চিত্রে স্কেল আকারে দেয়া হল। অতি ক্ষুদ্র ও অতিবৃহৎ সংখ্যার উপস্থিতির কারণে লগারিদম স্কেল ব্যবহার করা হয়েছে।

---

* মহাজাগতিক রশ্মি প্রধানত H ও He এর নিউক্লিয়াস যা অত্যন্ত শক্তিশালী। নক্ষত্রের বিস্ফোরণ (সুপারনোভা) থেকে এদের সৃষ্টি। উল্লেখ্য নক্ষত্রের অভ্যন্তরে নিউক্লীয় বিক্রিয়া থেকে উৎপন্ন শক্তিই নক্ষত্রের সাম্যাবস্থার সংরক্ষক। নিউক্লীয় বিক্রিয়া বন্ধ হলে মহাকর্ষ বলের প্রবল চাপে নক্ষত্রের কেন্দ্রস্থল আকস্মিক সঙ্কুচিত হয়ে এর তাপমাত্রা $10^9$K এর অনেক বেশি হয়। তখন প্রচন্ড শক্ তরঙ্গ (Shock-wave) সৃষ্টির ফলে নক্ষত্রটি বিস্ফোরিত হয়, তাকে সুপারনোভা বলা হয়।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২·৩। বেগুনি–রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4100Å বা, 410 nm হলে এর ফ্রিক্যুয়েন্সি ও তরঙ্গ–সংখ্যা নির্ণয় কর। (আলোর গতি = $3.0 \times 10^8$ $ms^{-1}$)।**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

আলোর গতি, $c = \nu \times \lambda$

$\therefore \quad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{410 \times 10^{-9} \text{ m}}$

$= 7.317 \times 10^{14}$ Hz

এখানে,

ফ্রিক্যুয়েন্সি, $\nu = ?$

তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য, $\lambda = 410 \text{ nm} = 410 \times 10^{-9} \text{ m}$

তরঙ্গ সংখ্যা, $\bar{\nu} = ?$

তরঙ্গ সংখ্যা, $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{410 \times 10^{-9} \text{ m}}$

$= \frac{1}{410 \times 10^{-9} \times 10^2 \text{ cm}} = \frac{1}{410 \times 10^{-7} \text{ cm}}$

$= 2.439 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২·৪। যে বিকিরণের তরঙ্গ সংখ্যা $1.65 \times 10^4$ $cm^{-1}$ তার ফ্রিক্যুয়েন্সি বা স্পন্দন সংখ্যা নির্ণয় কর। (আলোর গতি = $3.0 \times 10^8$ $ms^{-1}$)।**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

তরঙ্গ সংখ্যা, $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$

$\therefore \quad \lambda = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{1.65 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}}$

$= 6.06 \times 10^{-5}$ cm.

এখানে,

$c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} = 3.0 \times 10^{10} \text{ cms}^{-1}$

তরঙ্গ সংখ্যা, $\bar{\nu} = 1.65 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$

তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ফ্রিক্যুয়েন্সি, $\nu = ?$

ফ্রিক্যুয়েন্সি, $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^{10} \text{ cms}^{-1}}{6.06 \times 10^{-5} \text{ cm}} = 4.95 \times 10^4$ Hz **(উত্তর)**।

## ২.১৪। আলোক সম্পর্কিত প্লাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্ব

### Planck's Quantum Theory of Light

আমরা এ পর্যন্ত জেনেছি আলোক এক প্রকার শক্তি তরঙ্গ। সুতরাং তা নিরবচ্ছিন্ন (continuous) হওয়া উচিত। উনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগ পর্যন্ত এ ধারণাই বলবৎ ছিল। ১৯০০ খ্রিস্টাব্দে ম্যাক্স প্লাঙ্ক (Max Plank, 1858—1947) আলোক সম্পর্কে সম্পূর্ণ এক নতুন তত্ত্ব প্রদান করেন।

প্লাঙ্কের মতে আলোক নিরবচ্ছিন্ন নয়; পদার্থ হতে বিকিরিত শক্তি বিচ্ছিন্নভাবে নির্দিষ্ট একক পরিমাণে যেমন ক্ষুদ্র শক্তির প্যাকেট হিসাবে বের হয়। শক্তির এই নির্দিষ্ট এককের নাম দেয়া হয় **ফোটন** (photon) বা আলোর এক **কোয়ান্টাম শক্তি** (quantum, বহু বচন quanta)। ফোটনের শক্তির পরিমাণ (E) এর বিকিরণের স্পন্দন সংখ্যার ($\nu$) সমানুপাতিক। অর্থাৎ

$$E \propto \nu$$

$\therefore \quad E = h\nu;$ এখানে, E = **ফোটনের একক কোয়ান্টাম শক্তি**। $\nu$ ('নিউ') = বিকিরণের স্পন্দনসংখ্যা।

h = সমানুপাতিক ধ্রুবক, যা প্লাঙ্ক ধ্রুবক নামে পরিচিত এবং এর মান

$6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ জুল সেকেন্ড (Js)

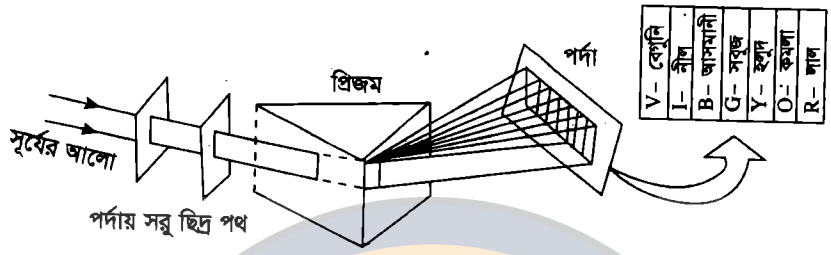
$E = h\nu$, এই সমীকরণকে **প্লাঙ্কের সমীকরণ** বলা হয়।

এখানে উল্লেখ্য যে, আইনস্টাইনের ভরশক্তি তুল্যতা তত্ত্বানুযায়ী এক একটি 'কোয়ান্টাম' কণিকার তুল্য। এ আলোক কণিকাকে **ফোটন** (photon) বলা হয়। পরমাণু সম্বন্ধে পরীক্ষালব্ধ অনেক তথ্যের ব্যাখ্যা প্রদানে প্লাঙ্কের এ মতবাদ বেশ সহায়ক হয়ে উঠে।

http://pdfcorner.com

## ২.১৫। বর্ণালী ও পারমাণবিক বর্ণালী
### Spectrum & Atomic Spectrum

**(১) বর্ণালী ঃ** সূর্যের আলো সরু ছিদ্র পথে কাচের প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরিত হওয়ার কালে তা প্রিজম দ্বারা বিচ্ছুরিত (dispersion) হয়ে রঙধনুর মত সাত বর্ণের (VIBGYOR–বেনীআসহকলা) প্রশস্ত ব্যান্ড সৃষ্টি করে।



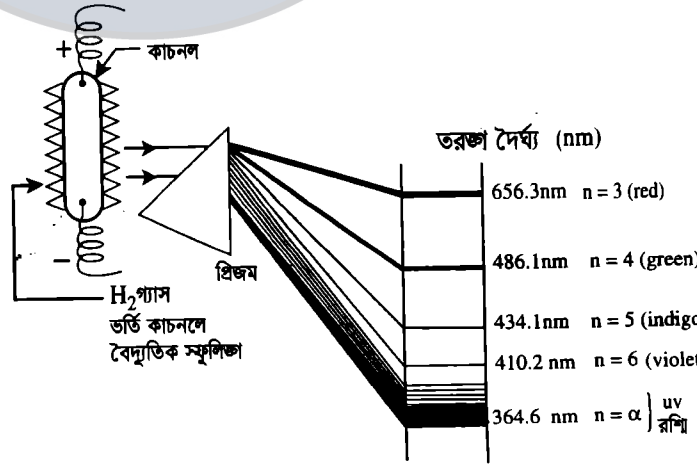

চিত্র ২.৫ ঃ সূর্যের আলোর অবিচ্ছিন্ন বর্ণালী

সূর্যের আলোর বিচ্ছুরণের ফলে সৃষ্ট বিভিন্ন বর্ণের এ সমাবেশকে **বর্ণালী** (spectrum) বলা হয়। এক্ষেত্রে সৃষ্ট বর্ণালী অবিচ্ছিন্ন ও এতে সব স্পন্দন সংখ্যার আলো থাকে।

**পারমাণবিক বর্ণালী ঃ** কোন গ্যাস বা বাষ্পকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বা তার মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ চালনা করলে যে আলো বের হয়, তাতে সব স্পন্দন–সংখ্যার আলো থাকে না। প্রিজম বা অনুরূপ যন্ত্রের মধ্যদিয়ে চালনা করলে সৃষ্ট বর্ণালীতে বেশ কিছু একক বা যৌ ; লাইন দেখা যায়, যাদের অবস্থান নির্দিষ্ট অর্থাৎ যাদের স্পন্দন–সংখ্যা নির্দিষ্ট। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে যে, বর্ণালীর একক লাইনগুলো (line spectrum) পরমাণু হতে উৎপন্ন। এজন্য এদেরকে **পারমাণবিক রেখা বর্ণালী বা পারমাণবিক বর্ণালী** (atomic spectrum) বলা হয়। অপরদিকে **বর্ণালীতে** যে সমস্ত **যৌথ লাইন** (band spectra) দেখা যায়, তা প্রকৃতপক্ষে পরস্পরের অতি নিকটে অবস্থিত অনেক একক লাইনের সমষ্টি এবং তা অণু হতে সৃষ্ট এবং তাকে **আণবিক বর্ণালী** (molecular spectrum) বলা যেতে পারে। সাধারণত যৌগের বর্ণালী এভাবে নেওয়া হয় না। বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণের বিভিন্ন এলাকায় ভিন্ন ভিন্ন পদ্ধতি ব্যবহার করে যৌগের বিভিন্ন বর্ণালী গ্রহণ করা হয়।

বিজ্ঞানীরা প্রমাণ করেন যে, প্রত্যেক মৌলের নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যপূর্ণ রেখা বর্ণালী আছে। বর্ণালীর প্রতি রঙিন রেখা নির্দিষ্ট তরঙ্গ–দৈর্ঘ্যের বা নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলো শক্তির সাথে সম্পর্কযুক্ত। তাই বিভিন্ন উদ্বায়ী ধাতব ক্লোরাইডকে বুনসেন বার্নারের শিখায় উত্তপ্ত করলে বিভিন্ন ধাতব আয়ন বিভিন্ন বর্ণযুক্ত শিখা সৃষ্টি করে। যেমন– সোডিয়াম আয়ন থেকে সোনালী হলুদ, পটাশিয়াম আয়ন থেকে হালকা বেগুনি এবং ক্যালসিয়াম আয়ন থেকে ইটের মত লাল শিখা উৎপন্ন হয়।

**(২) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী বা রেখা বর্ণালী ঃ** একটি কাচ নলে নিম্ন চাপে রাখা হাইড্রোজেন গ্যাসের ভেতর উচ্চ শক্তির বিদ্যুৎ চালনা করা হলে ঐ গ্যাসের ভেতর থেকে গোলাপী বর্ণের আলোর বিকিরণ ঘটে। এ বিকিরিত আলোকে স্পেকট্রোস্কোপের প্রিজমের মধ্য দিয়ে এর পর্দার ফটোগ্রাফিক প্লেটে ফেললে কতগুলো সুস্পষ্ট রঙিন আলো রেখা দেখা যায়। এ উজ্জ্বল আলোক রেখাগুলোর সমাহারকে **হাইড্রোজেনের রেখা বর্ণালী** বা **পারমাণবিক বর্ণালী** বলা হয়।




চিত্র ২.৬ ঃ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক রেখা বর্ণালী।

http://pdfcorner.com

**বর্ণালীর ব্যাখ্যা ঃ** আলোক সম্পর্কীয় প্লাঙ্কের তত্ত্বের সাহায্যে বিজ্ঞানী বোর হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্যাখ্যায় বলেন যে, উচ্চ বিদ্যুৎ শক্তির প্রভাবে হাইড্রোজেন অণু ($H_2$) প্রথমে পরমাণুতে (H) পরিণত হয়। পরে হাইড্রোজেনের অসংখ্য পরমাণুর ইলেকট্রন বিভিন্ন পরিমাণে শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত হয়ে তাদের বিভিন্ন উচ্চ শক্তিস্তরে লাফিয়ে চলে। শক্তির উৎস সরিয়ে নিলে উদ্দীপিত ইলেকট্রনগুলো থেকে শক্তির বিকিরণ ঘটতে থাকে। ফলে ইলেকট্রনগুলো বিভিন্ন নিম্ন শক্তিস্তরে ফিরে আসে। তখন অসংখ্য H-পরমাণুর বিভিন্ন উচ্চ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন একই নিম্ন শক্তিস্তরে ফিরতে পারে। ফলে সৃষ্ট রেখা বর্ণালীর পাশাপাশি রেখাগুলো বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের হয়। বিভিন্ন বিজ্ঞানী হাইড্রোজেনের রেখা বর্ণালীর চিত্র আবিষ্কার করেন, তাঁদের নামানুসারে হাইড্রোজেনের রেখা বর্ণালীর বিভিন্ন নাম আছে, যেমন (i) উদ্দীপিত ইলেকট্রন শক্তি হারিয়ে ১ম শক্তিস্তরে ফিরে আসলে তখন H-বর্ণালীতে যে রেখাসমূহ পাওয়া যায়, তাদের সমাহারকে লাইমেন সিরিজ বলে। তদ্রূপ উচ্চ শক্তিস্তর থেকে ইলেকট্রনসমূহ ২য়, ৩য়, ৪র্থ ও ৫ম শক্তিস্তরে ফিরে আসার ফলে সৃষ্ট বর্ণালীকে যথাক্রমে (ii) বামার সিরিজ, (iii) প্যাশ্চেন সিরিজ, (iv) ব্র্যাকেট সিরিজ, (iv) ফুন্ড সিরিজ বলা হয় [চিত্র ২.৮ দ্রষ্টব্য]।

**(৩) হাইড্রোজেন বর্ণালীর উপর বিভিন্ন বিজ্ঞানীর পরীক্ষা নিরীক্ষা ঃ** সূর্যের দৃশ্যমান আলোর মধ্যে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর বিভিন্ন লাইন দেখা যায় এবং তাদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য সূক্ষ্মভাবে মাপা হয়। ১৮৮৫ খ্রিস্টাব্দে জে. জে. বামার (J. J. Balmer) দেখান যে, এদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যকে নিম্নের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\lambda = K\frac{n^2}{n^2 - 4}$$ ; এখানে, $\lambda$ = তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য; K = একটি ধ্রুবক $= \frac{2ch^3}{\pi^2 me^4}$

n = 3, 4, 5 .... প্রভৃতি পূর্ণসংখ্যা। এখানে c = আলোর বেগ,

h = প্লাঙ্কের ধ্রুবক, m ও e হল ইলেকট্রনের ভর ও চার্জ।

এই সমীকরণকে অন্যভাবেও লেখা যায়। যেমন,

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = \frac{1}{K}\left(\frac{n^2 - 4}{n^2}\right) = \frac{1}{K}\left(1 - \frac{4}{n^2}\right) = \frac{4}{K}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right);$$

এখানে, $R_H = \frac{4}{K}$

এখানে $\bar{\nu}$ = তরঙ্গ-সংখ্যা এবং $R_H$-কে রিডবার্গ ধ্রুবক (Rydberg constant) বলা হয়। $R_H = 109678\ cm^{-1}$; এ সমীকরণ মতে নির্ণীত বামার সিরিজের বিভিন্ন লাইনের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য (nm) ও পরীক্ষণলব্ধ ফলাফল যে কত মিলে গেছে, তা নিচের উদাহরণ থেকে স্পষ্ট হবে।

**সারণি ২.৩ ঃ হাইড্রোজেন বর্ণালীর বামার সিরিজে বিভিন্ন লাইনের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য**

| কক্ষপথ নির্দেশক সংখ্যা, n | বামার সিরিজে বিভিন্ন লাইনের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য (nm) | উপরের সমীকরণ হতে হিসাবকৃত তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য (nm) |
|---|---|---|
| 3 | 656.279 | 656.280 |
| 4 | 486.133 | 486.138 |
| 5 | 434.047 | 434.051 |
| 6 | 410.174 | 410.178 |
| 7 | 397.006 | 397.011 |

১৯০৬ খ্রিস্টাব্দে লাইমেন (T. Lymen) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীতে **অতিবেগুনি রশ্মি এলাকায়** কয়েকটি লাইন আবিষ্কার করেন। এ লাইনগুলো **লাইমেন সিরিজ** হিসেবে খ্যাত। এ সব লাইনের তরঙ্গ–সংখ্যা নিম্নরূপ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$, এখানে n = 2, 3, 4, 5 ... প্রভৃতি।

১৯০৮ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী রিট্জ (W. Ritz) একটি নীতি প্রকাশ করেন, যা **রিট্জের সংযোজন নীতি** (Ritz combination principle) হিসেবে খ্যাত। রিটজের নীতি অনুসারে যে কোন পরমাণুর বর্ণালীতে বিভিন্ন লাইনের তরঙ্গ-সংখ্যা নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ

http://pdfcorner.com

$\bar{\nu} = \frac{R}{x^2} - \frac{R}{y^2}$; এখানে R হল বিভিন্ন পরমাণুর জন্য নির্দিষ্ট ধ্রুবক। যে কোন সিরিজের জন্য x নির্দিষ্ট এবং y বিভিন্ন মান ধারণ করে। x ও y-এর মান পূর্ণ–সংখ্যা বা অপূর্ণ সংখ্যা উভয়েই হতে পারে।

রিটজের নীতি প্রকাশের পরপরই বিজ্ঞানী প্যাশ্চেন (F. Paschen) ১৯০৮ খ্রিস্টাব্দে **অবলোহিত রশ্মি এলাকায়** হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীতে কিছু লাইন আবিষ্কার করেন; যা **প্যাশ্চেন সিরিজ** (Paschen series) নামে খ্যাত। পরবর্তীতে ১৯২২ খ্রিস্টাব্দে এফ. এস. ব্র্যাকেট (F.S. Brackett) ও ১৯২৪ খ্রিস্টাব্দে এ. এইচ ফুন্ড (A.H.Pfund) একই এলাকায় দুটি ভিন্ন সিরিজ আবিষ্কার করেন, এ দুটি **ব্র্যাকেট সিরিজ** (Brackett series) ও **ফুন্ড সিরিজ** (Pfund series) হিসেবে পরিচিত।

**আলোর বিভিন্ন অঞ্চলে হাইড্রোজেনের পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট বর্ণালীর বিভিন্ন সিরিজের লাইনসমূহের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য নিম্নের সাধারণ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ**

$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu}\ (cm^{-1}) = R_H\ (cm^{-1}) \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$; এখানে, $n_1$ ও $n_2$ বিভিন্ন পূর্ণ সংখ্যা। বিভিন্ন সিরিজে এদের মান নিম্নরূপ ঃ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| লাইমেন সিরিজে | (Lymen series এ) | $n_1 = 1;$ | $n_2 = 2, 3, 4 \ldots\ldots$ | [ অতিবেগুনি অঞ্চল ] |
| বামার সিরিজে | (Balmer series এ) | $n_1 = 2;$ | $n_2 = 3, 4, 5, 6 \ldots\ldots$ | [ দৃশ্যমান অঞ্চল ] |
| প্যাশ্চেন সিরিজে | (Paschen series এ) | $n_1 = 3;$ | $n_2 = 4, 5, 6, 7 \ldots\ldots$ | [ অবলোহিত অঞ্চল ] |
| ব্রাকেট সিরিজে | (Brackett series এ) | $n_1 = 4;$ | $n_2 = 5, 6, 7, 8 \ldots\ldots$ | [ অবলোহিত অঞ্চল ] |
| ফুন্ড সিরিজে | (Pfund series এ) | $n_1 = 5;$ | $n_2 = 6, 7, 8, 9 \ldots\ldots$ | [ অবলোহিত অঞ্চল ] |

**উদাহরণ ২·৫। হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন যখন ৪র্থ শক্তিস্তর (n = 4) থেকে দ্বিতীয় শক্তিস্তরে (n = 2) স্থানান্তরিত হয়, তখন সৃষ্ট বর্ণালী রেখার তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য কত হবে এবং বিকিরণের বর্ণ কিরূপ হবে?**

**সমাধান ঃ** বামার সিরিজ মতে পাই,

$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$; | প্রশ্নমতে, $n_1 = 2$ এবং $n_2 = 4$

$\therefore \frac{1}{\lambda} = 109678 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right)$ | আমরা জানি, রিডবার্গ ধ্রুবক, $R_H = 109678\ cm^{-1}$

$= 109678\ cm^{-1} \times (0.25 - 0.0625) = 109678\ cm^{-1} \times 0.1875$

$\therefore \lambda = \frac{1}{109678\ cm^{-1} \times 0.1875} = \frac{1}{20564.625}\ cm = 4.8627 \times 10^{-7}\ m = 486.27\ nm$ **(উত্তর)**

বিকিরণ রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 450 ~ 500 nm এর মধ্যে হওয়ায় **বিকিরণের বর্ণ আসমানী হবে।**

**উদাহরণ ২·৬। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্রাকেট সিরিজের তৃতীয় লাইন ($n_2 = 7$) এর তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ($R_H = 10.97 \times 10^6\ m^{-1}$)**

**সমাধান ঃ** রিডবার্গের সমীকরণ মতে, | প্রশ্নমতে,

$\frac{1}{\lambda} = 10.97 \times 10^6\ m^{-1} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ | ব্রাকেট সিরিজের বেলায়, $n_1 = 4;\ n_2 = 7$

$\therefore \frac{1}{\lambda} = 10.97 \times 10^6\ m^{-1} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{7^2}\right)$; $\frac{1}{\lambda} = 10.97 \times 10^6\ m^{-1}\ (0.0625 - 0.0204081)$

$\therefore \frac{1}{\lambda} = 10.97 \times 10^6\ m^{-1} \times 0.0420919 = 461748.1\ m^{-1}$

$\therefore \lambda = 2.165683 \times 10^{-6}\ m = 2.165683 \times 10^3\ nm$ **(উত্তর)**।



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২·৭। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর লাইমেন সিরিজে রেখা সৃষ্টিকারী চতুর্থ শক্তিস্তর থেকে আগত ইলেকট্রনের বিকিরিত শক্তির তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ($R_H = 10.97 \times 10^6\ m^{-1}$)**

**সমাধান ঃ** রিডবার্গের সমীকরণ মতে,

$$\frac{1}{\lambda} = 10.97 \times 10^6\ m^{-1}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

প্রশ্নমতে, লাইমেন সিরিজের বেলায়, $n_1 = 1$
এক্ষেত্রে, $n_2 = 4$

$$= 10.97 \times 10^6\ m^{-1}\left(\frac{1}{(1)^2} - \frac{1}{(4)^2}\right) = 10.97 \times 10^6\ m^{-1}\left(1 - \frac{1}{16}\right)$$

$$= 10.97 \times 10^6\ m^{-1} \times \frac{15}{16} = 10.284375 \times 10^6\ m^{-1}$$

$$\therefore\ \lambda = \frac{1}{10.284375 \times 10^6}\ m = 9.7235 \times 10^{-8}\ m = 97.235\ nm\ \therefore\ \lambda = 97.235\ nm$$ **(উত্তর)**।

## ২.১৬। বোর পরমাণু মডেল
## Bohr's Atom Model

পরমাণুর গঠন এবং একই সাথে পারমাণবিক বর্ণালী ব্যাখ্যার জন্য নীল্‌স বোর (Neils Bohr) ১৯১৩ খ্রিস্টাব্দে তাঁর বিখ্যাত পরমাণু মডেল প্রকাশ করেন। বোর পরমাণু মডেলটি বিজ্ঞানী ম্যাক্স প্লাঙ্কের বিকিরিত শক্তির কোয়ান্টাম তত্ত্বের উপর প্রতিষ্ঠিত। **বোর পরমাণু মডেলের স্বীকার্যসমূহ নিম্নরূপ তিনটি প্রধান ভাগে বিভক্ত ঃ**

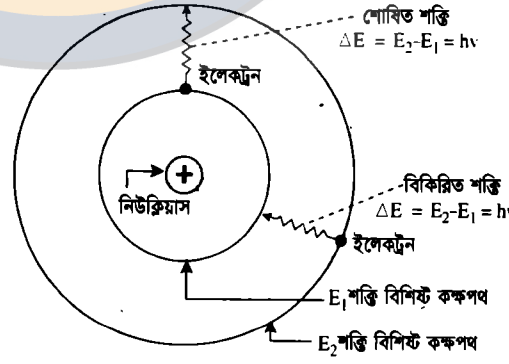
**(১) ইলেকট্রনের স্থির কক্ষপথ বা শক্তিস্তরের ধারণা ঃ** পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে পরমাণুর সমস্ত ধনাত্মক চার্জ ও প্রায় সমস্ত ভর কেন্দ্রীভূত; একে পরমাণুর নিউক্লিয়াস বলা হয়। নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে কয়েকটি নির্দিষ্ট শক্তির বৃত্তাকার কক্ষপথেই ধনাত্মক চার্জের সমসংখ্যক ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের চারদিকে আবর্তন করে। এই আবর্তনের সময় ইলেকট্রনের গতি সাধারণ পদার্থবিদ্যার সব নিয়ম মেনে চলে। তবে যতক্ষণ তা একটি কক্ষে অবস্থান করবে, ততক্ষণ তা কোন শক্তি বিকিরণ বা শোষণ করবে না। এই কক্ষপথসমূহকে **স্থির কক্ষপথ** (stationary orbits) বা **শক্তিস্তর** বা **অরবিট** বলা হয়।

**(২) ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগের ধারণা ঃ** প্রতিটি নির্দিষ্ট কক্ষপথ বা শক্তিস্তরে আবর্তনরত ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ নির্দিষ্ট এবং তা $\frac{h}{2\pi}$ এর অখণ্ড বা পূর্ণ সংখ্যার গুণীতক হবে।

অর্থাৎ $mvr = \frac{n \times h}{2\pi}$ ... (১)

এখানে $m$ = ইলেকট্রনের ভর, $v$ = ইলেকট্রনের সরলরৈখিক গতিবেগ, $r$ = কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,
$vr$ = কৌণিক বেগ, $h$ = প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $n$ = অখণ্ড সংখ্যা অর্থাৎ 1, 2, 3, 4 প্রভৃতি পূর্ণ সংখ্যা।
$n$ এর এসব মানের উপর ভিত্তি করে যথাক্রমে প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় প্রভৃতি কক্ষপথ নির্দেশিত হয়।

**(৩) শক্তির শোষণ বা বিকিরণ ও বর্ণালী সৃষ্টির ধারণা ঃ** যখন কোন ইলেকট্রন একটি কক্ষপথ বা শক্তিস্তর হতে অন্য শক্তিস্তর বা কক্ষপথে লাফিয়ে চলে, তখন ঐ ইলেকট্রন দ্বারা নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি শোষিত বা বিকিরিত হয়। যখন নিম্ন শক্তিস্তর হতে উচ্চ শক্তিস্তরে লাফিয়ে চলে তখন শক্তির শোষণ এবং যখন উচ্চ শক্তিস্তর হতে নিম্ন শক্তিস্তরে লাফিয়ে চলে, তখন শক্তির বিকিরণ ঘটে। যদি প্রথম কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি $E_1$ এবং দ্বিতীয় কক্ষপথে ইলেকট্রনটির শক্তি $E_2$ হয়, তবে **বিকিরিত শক্তি হবে** $\Delta E = (E_2 - E_1)$। এ শক্তি বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ হিসেবে নির্গত হবে। প্লাঙ্কের সূত্রানুসারে সে বিকিরণের পরিমাণ ও স্পন্দন–সংখ্যা $\nu$ নিম্নের সমীকরণ দ্বারা নির্ধারিত হবে ঃ




চিত্র ২.৭ ঃ বোরের পরমাণু মডেল ও রেখা বর্ণালীর উৎস।

$$\Delta E = (E_2 - E_1) = h\nu \quad \ldots \quad \ldots \quad (২)$$

অর্থাৎ সৃষ্ট পারমাণবিক বর্ণালীতে $\nu$ ('নিউ') স্পন্দন–সংখ্যা বিশিষ্ট একটি রেখা দেখা যাবে।

http://pdfcorner.com

## ২.১৬.১। বোর পরমাণু মতবাদ অনুসারে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্যাখ্যা

বোর মতবাদ অনুসারে, শক্তির উৎস থেকে হাইড্রোজেনের অসংখ্য পরমাণুর একই ইলেকট্রন বিভিন্ন পরিমাণে শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত অবস্থায় বিভিন্ন নির্দিষ্ট শক্তির উচ্চ শক্তিস্তর লাফিয়ে চলে। পরে শক্তির উৎস সরিয়ে নিলে ঐ অসংখ্য হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন শক্তি বিকিরণ করে একই নিম্ন শক্তিস্তরে ফিরে আসতে পারে। তখন বিভিন্ন রেখা বর্ণালী সৃষ্টি হয়ে থাকে। বোর মতবাদ হতে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর বিভিন্ন রেখার তরঙ্গ-সংখ্যা নিম্নোক্ত সমীকরণ হতে পাওয়া যায়।

$$\bar{\nu} = R \times \left[\frac{1}{(n_1)^2} - \frac{1}{(n_2)^2}\right] \quad \ldots \quad \ldots \quad (৩)$$

পরীক্ষা দ্বারা প্রাপ্ত হাইড্রোজেনের বিভিন্ন বর্ণালীর তরঙ্গ-সংখ্যা এবং উপরোক্ত তরঙ্গ-সংখ্যার সমীকরণের সাথে সম্পূর্ণ অনুরূপ হয়। সুতরাং হাইড্রোজেনের বর্ণালীতে বিভিন্ন রেখা নিম্নরূপে সৃষ্টি হয় বলে প্রমাণিত হয় ঃ

ইলেকট্রন উচ্চ কক্ষপথ $n_2 = 2, 3, 4 \ldots$ হতে $n_1 = 1$ নিম্ন কক্ষপথে গেলে লাইমেন সিরিজের উৎপত্তি হয়।
ইলেকট্রন উচ্চ কক্ষপথ $n_2 = 3, 4, 5 \ldots$ প্রভৃতি হতে $n_1 = 2$ নিম্ন কক্ষপথে বামার সিরিজের উৎপত্তি হয়।
ইলেকট্রন উচ্চ কক্ষপথ $n_2 = 4, 5, 6 \ldots$ প্রভৃতি হতে $n_1 = 3$ নিম্ন কক্ষপথে প্যাশ্চেন সিরিজের উৎপত্তি হয়।
ইলেকট্রন উচ্চ কক্ষপথ $n_2 = 5, 6, 7 \ldots$ প্রভৃতি হতে $n_1 = 4$ নিম্ন কক্ষপথে ব্রাকেট সিরিজের উৎপত্তি হয়।
ইলেকট্রন উচ্চ কক্ষপথ $n_2 = 6, 7, 8 \ldots$ প্রভৃতি হতে $n_1 = 5$ নিম্ন কক্ষপথে ফুন্ড সিরিজের উৎপত্তি হয়।

হাইড্রোজেনের বর্ণালীতে বিভিন্ন রেখার উৎপত্তি ২.৮ নং চিত্রে দেখানো হল।

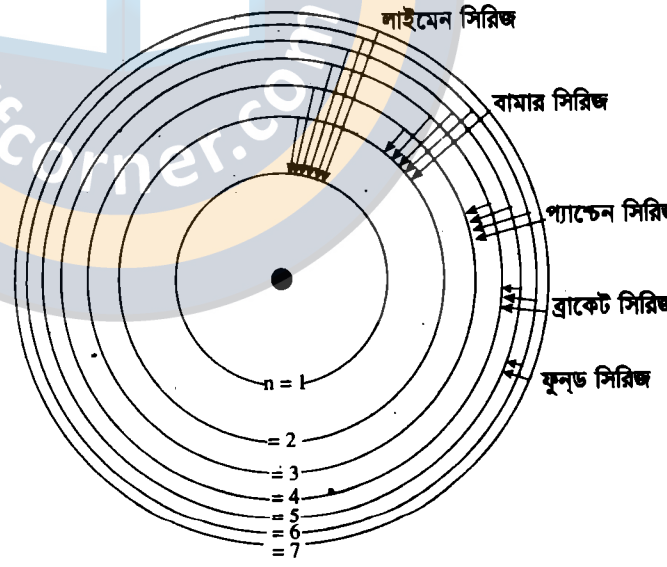
## ২.১৭। বোর পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা

### Limitations of Bohr's atom model

বোর পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতাসমূহ নিম্নরূপ ঃ

**বর্ণালীর ব্যাখ্যা ঃ প্রথমত,** বোর পরমাণু মডেল হাইড্রোজেন পরমাণু ও হাইড্রোজেন সদৃশ এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট আয়ন (যেমন $He^+$, $Li^{2+}$) সমূহের বর্ণালী ব্যাখ্যা করতে পারলেও একাধিক ইলেকট্রনবিশিষ্ট পরমাণুসমূহের বর্ণালী ব্যাখ্যা করতে পারে না।

**বর্ণালীতে সূক্ষ্ম রেখার ব্যাখ্যা ঃ দ্বিতীয়ত,** এক শক্তিস্তর হতে অপর শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটলে, বোর পরমাণু মডেল অনুসারে বর্ণালীতে একটি করে রেখা সৃষ্টি হওয়ার কথা। কিন্তু হাইড্রোজেন ও অন্যান্য পরমাণুসমূহের আয়নের রেখা বর্ণালী অধিকতর সূক্ষ্ম যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষণ করলে দেখা যায়, প্রতিটি রেখার স্থানে কয়েকটি রেখা অবস্থান করছে। বোরের মতবাদে এর কোন ব্যাখ্যা নেই। অবশ্য বোর মতবাদের সম্প্রসারণ করে বিজ্ঞানী সমারফিল্ড এর ব্যাখ্যা দান করেন।




চিত্র ২.৮ ঃ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী সৃষ্টি।

**কক্ষপথে ইলেকট্রন অবস্থান ও গতিবেগ ঃ তৃতীয়ত,** বোর মতবাদের সবচেয়ে বেশি সমালোচনা করা হয় হাইজেনবার্গ (Heisenberg)-এর অনিশ্চয়তা নীতি থেকে। বোর মতবাদে পরমাণুতে নির্দিষ্ট একই সময়ে **কক্ষপথে ইলেকট্রনের অবস্থান ও তার গতিবেগ সুনির্দিষ্ট** করা হয়েছে, যা এ হাইজেনবার্গ নীতি মতে অসম্ভব।

http://pdfcorner.com

বোর পরমাণু মতবাদের সীমাবদ্ধতা সত্ত্বেও একথা অনস্বীকার্য যে, এ মতবাদ একটি বৈপ্লবিক মতবাদ, যা সঠিক পথের দিক নির্দেশনা করে। বোর পরমাণু মডেলের দুটি প্রধান বিষয় হল ঃ (১) পরমাণুতে বিভিন্ন শক্তিস্তর আছে এবং (২) এ শক্তিস্তরসমূহের মধ্যে ইলেকট্রনের স্থানান্তরের জন্য বিভিন্ন বিকিরণের সৃষ্টি হয়, তার স্পন্দন–সংখ্যা $\nu = (E_2 - E_1)/h$ দ্বারা নির্ধারিত হয়; এ দুটি বিষয় আজ সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত।

### ২.১৭.১। হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি
### Heisenberg's Uncertainty Principle

গতিশীল ইলেকট্রনের কণা ও তরঙ্গ উভয় ধর্ম থাকায় হাইজেনবার্গ গাণিতিকভাবে প্রমাণ করেন যে, যদি কোন **গতিশীল কণার অবস্থান** নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়, তখন এর **ভরবেগ** নির্ণয় অনিশ্চিত হয়ে পড়ে। আবার ঐ কণার ভরবেগ নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হলে, তখন এর অবস্থান নির্ণয় অনিশ্চিত হয়ে পড়ে।

একই সময়ে ইলেকট্রনের অবস্থা যেমন নিউক্লিয়াস থেকে নির্দিষ্ট দূরত্বের কক্ষপথে অবস্থান ও ইলেকট্রনের ভরবেগ নির্ণয় করতে গেলে তখন ইলেকট্রনের অবস্থান ও ভরবেগ উভয়ের মানের মধ্যে কিছুটা ভুল বা অনিশ্চয়তা দেখা দেয়। ১৯২৬ খ্রিস্টাব্দে হাইজেনবার্গ উভয়ের অনিশ্চয়তার সীমার মধ্যে একটি সম্পর্ক উদ্ভাবন করেন, যা হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি নামে পরিচিত। এ নীতি অনুসারে যদি $\Delta x$ এবং $\Delta p$ একই সময়ে নির্নীত ইলেকট্রনের যথাক্রমে অবস্থান জ্ঞাপক ও ভরবেগের পরিমাণের ভুলের মাত্রা হয়, তবে উভয় ভুলের মাত্রার গুণফল প্লাঙ্কের ধ্রুবক $\frac{h}{4\pi}$ এর মানের প্রায় সমান হবে। অর্থাৎ

$$\Delta x \times \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \text{ (ধ্রুবক)}$$

সমীকরণ মতে বুঝা যায় যে, $\Delta x$ এবং $\Delta p$ রাশিদ্বয় পরস্পরের ব্যস্তানুপাতিক। এক্ষেত্রে ইলেকট্রনের বেগ সঠিকভাবে নির্ণয় করতে গেলে তখন $\Delta p$ এর ভুলের মাত্রা ক্ষুদ্রতম হতে হবে। এ অবস্থায় $\Delta x$ এর মান বেড়ে যায় অর্থাৎ ইলেকট্রনের অবস্থান নির্ণয়ের ভুলের মাত্রা বেড়ে যায়। অপর কথায়, ইলেকট্রনের বেগ (তরঙ্গ ধর্ম) সঠিকভাবে নির্ণয় করতে গেলে কণা ধর্মের গুরুত্ব থাকে না। আবার ইলেকট্রনের অবস্থান (কণা ধর্ম) সঠিকভাবে নির্ণয় করতে গেলে এর তরঙ্গ ধর্মের কোন গুরুত্ব থাকে না।

## ২.১৮। পরমাণুর গঠন সম্পর্কে তরঙ্গ বলবিদ্যা ও শ্রডিঞ্জারের তরঙ্গ সমীকরণ
## Wave Mechanical Model of Atom and Schrodinger Wave Equation

### (ক) চলমান বস্তুর কণা ধর্ম ও তরঙ্গ ধর্মের সম্পর্ক ঃ ডি ব্রগলির সমীকরণ

বোর পরমাণু মডেলে ইলেকট্রনকে শুধু কণা হিসেবে বর্ণনা করা হয়েছে। ১৯২৪ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী লুই ডি ব্রগলি (Louis de Broglie) মত প্রকাশ করেন যে, ইলেকট্রনের কণা ও তরঙ্গ উভয় ধর্ম আছে। কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্লাঙ্কের সমীকরণ অনুসারে একটি ফোটনের শক্তি, $E = h\nu$। অপরদিকে আইনস্টাইনের বস্তুকণার ভর ও শক্তির সমতুল্যতা অনুসারে, $E = mc^2$. এখানে m হল কণার ভর। E = ফোটনের শক্তি; c = আলোকের গতি।

উভয় সম্পর্ক থেকে আমরা পাই,

$mc^2 = h\nu = h \times \frac{c}{\lambda}$ ; $\because c = \nu\lambda$

উভয় দিক থেকে c বাদ দিয়ে পাই, $mc = \frac{h}{\lambda}$

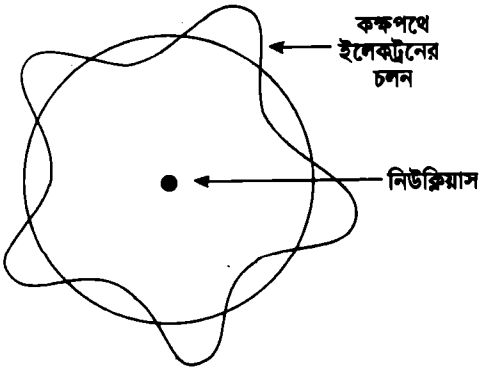
যেহেতু ফোটনের ভর = m এবং সরল গতিবেগ = c

সুতরাং mc = ফোটনের ভরবেগ।

$\therefore$ ফোটনের ভরবেগ $mc = \frac{h}{\lambda}$ ... (1)

ব্রগলি মত প্রকাশ করেন যে, **চলমান বস্তুকণার সাথেও এক ধরনের তরঙ্গ জড়িত থাকে**, যার বেলায়ও উপরোক্ত সমীকরণটি প্রযোজ্য।

যেহেতু চলমান বস্তুকণার বেলায়, ভরবেগ $p = m\nu$;




চিত্র ২.৯ ঃ বৃত্তাকার পথে ইলেকট্রনের তরঙ্গরূপে আবর্তন।

http://pdfcorner.com

সুতরাং এক্ষেত্রে উপরোক্ত (1) নং সমীকরণটি দাঁড়ায় নিম্নরূপ ঃ

$$mv = \frac{h}{\lambda}; \text{ বা, } \lambda = h \times \frac{1}{mv}$$ এখানে $\lambda$ = চলমান বস্তুকণার তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য।

বা, চলমান বস্তুকণার তরঙ্গ ধর্ম ($\lambda$) = ধ্রুবক (h)/বস্তুর কণা ধর্ম (mv)

এ সমীকরণটি **ডি ব্রগলির সমীকরণ** নামে পরিচিত।

উল্লেখ্য, ইলেকট্রনের তরঙ্গ ধর্মকে প্রয়োগ করে শক্তিশালী 'ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপ' তৈরি করা হয়েছে; যা গবেষণাগারে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণা পর্যবেক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

## (খ) ইলেকট্রনের তরঙ্গ ধর্মের ব্যাখ্যা

ডি ব্রগলির মতবাদ অনুসারে, ইলেকট্রন তরঙ্গারূপে নিউক্লিয়াসের চারদিকে বৃত্তাকার পথে চলে। এ অবস্থায় তরঙ্গটি বৃত্তে অবস্থান করবে বোঝা যায়। তখন r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তের পরিধিটি ইলেকট্রনের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ($\lambda$) এর পূর্ণসংখ্যার (n) গুণীতক হতে হবে। অর্থাৎ

$$2\pi r = n\lambda = \frac{n \times h}{mc}; \quad \because \lambda = \frac{h}{mc} \quad \therefore \quad mcr = \frac{n \times h}{2\pi}$$

এখানে mcr = আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ, যা $\frac{h}{2\pi}$ এর পূর্ণ সংখ্যার গুণীতক। এটিই প্রকৃতপক্ষে বোর মতবাদের অন্যতম স্বতঃসিদ্ধ; যখন ইলেকট্রনকে তরঙ্গারূপে গণ্য করা হয়। ইতোপূর্বে এর কোন ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হয়নি।

**উদাহরণ ২·৭। বোর মডেল পরমাণুতে একটি বোর ইলেকট্রন তৃতীয় শক্তিস্তর বা স্থির কক্ষপথে একটি পূর্ণ আবর্তন করতে কয়টি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি করবে তা বের কর।**

**সমাধান ঃ** বোর মতবাদ মতে, $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

$$\therefore 2\pi r = n \times \frac{h}{mv} \text{ (বজ্র গুণন করে)} \qquad (1)$$

আবার ডি. ব্রগলির সমীকরণ মতে, $\lambda = \frac{h}{mv}$ (2)

(1) নং সমীকরণে $\frac{h}{mv}$ এর স্থলে (2) নং সমীকরণ মতে $\lambda$ বসিয়ে পাই,

$2\pi r = n \times \lambda$

৩য় কক্ষপথের বেলায়, এক্ষেত্রে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 3 হয়,

$\therefore 2\pi r = 3\lambda$

$\therefore$ ৩য় কক্ষপথের পরিধি $= 3\lambda$

অর্থাৎ ৩য় কক্ষপথের পরিধি আবর্তনশীল ইলেকট্রনের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ($\lambda$) এর ৩ গুণ হয়। সুতরাং ৩য় কক্ষপথে প্রত্যেক আবর্তনকালে ইলেকট্রনটি ৩টি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি করবে।

সুতরাং বোর ইলেকট্রন বিভিন্ন কক্ষপথে আবর্তনকালে কক্ষপথের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার সমসংখ্যক পূর্ণতরঙ্গ সৃষ্টি করে।

## (গ) স্রডিঞ্জারের তরঙ্গ সমীকরণ

বোর পরমাণু মডেল– (i) হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি, (ii) ডি–ব্রগলির ইলেকট্রনের কণাধর্ম ও তরঙ্গ ধর্মের দ্বিত্ব প্রকৃতির সম্পর্ক এবং (iii) ইলেকট্রনের স্থির শক্তিস্তরের ধারণা দ্বারা বর্ণালীর ব্যাখ্যা নিখুঁতভাবে দিতে পারে না। এ তিনটি বিষয়কে গণ্য করে ১৯২৬ খ্রিস্টাব্দে স্রডিঞ্জার পরমাণুর তরঙ্গ বলবিদ্যা মডেল প্রস্তাব করেন। এ মডেলে স্রডিঞ্জার– (১) ইলেকট্রনকে তরঙ্গ ও কণা উভয় বা দ্বিত্ব প্রকৃতিযুক্ত প্রস্তাব করেন। (২) এ তরঙ্গারূপী ইলেকট্রনসমূহ ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াসের চারদিকে ত্রিমাত্রিকভাবে ঘূর্ণায়মান থাকে। তরঙ্গারূপী ইলেকট্রনের সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যার

http://pdfcorner.com

জন্য শ্রডিঞ্জার একটি ত্রিমাত্রিক (x, y, z) তরঙ্গ গতীয় সমীকরণ উপস্থাপন করেন, যা **শ্রডিঞ্জারের তরঙ্গ সমীকরণ** নামে পরিচিত ঃ

$$\frac{\delta^2\psi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2\psi}{\delta y^2} + \frac{\delta^2\psi}{\delta x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} + (E - u)\,\psi = 0$$

এ দ্বিতীয় অন্তরক সমীকরণে (i) m = ইলেকট্রনের ভর, (ii) E = ইলেকট্রনের মোট শক্তি, (iii) u = ইলেকট্রনের স্থিতিশক্তি $(= \frac{Ze^2}{r})$, (iv) h = প্লাঙ্কের ধ্রুবক, (v) $\psi$ (psi) = x, y, z = ত্রিমাত্রিক জ্যামিতির তিনটি পরস্পর সমকোণেস্থিত অক্ষ।

**$\psi$ (psi) ও $\psi^2$ এর বৈশিষ্ট্য ঃ** (১) শ্রডিঞ্জারের দ্বিতীয় অন্তরক সমীকরণ (second order differential equation) সমাধান করে E এর যে সব অর্থবহ নির্দিষ্ট মান পাওয়া যায়, এদেরকে **আইজেন মান** (Eigen values) বলা হয়। এ সব মান দ্বারা পরমাণুতে কতকগুলো নির্দিষ্ট **শক্তিস্তর বা অরবিটকে** বুঝায়। (২) পরমাণুর বেলায় E এর প্রত্যেকটি মানের সাথে সংশ্লিষ্ট $\psi$ এরও কতকগুলো বিশেষ মান আছে। তখন ঐ বিশেষ মানযুক্ত তরঙ্গ ফাংশন, $\psi$-কে **আইজেন ফাংশন** [Eigen function] বলা হয় এবং E এর মানগুলোকে আইজেন মান বলা হয়। (৩) $\psi$ (psi) এর কোন ভৌত তাৎপর্য নেই, এটি শুধু ইলেকট্রনের তরঙ্গের বিস্তৃতি (amplitude) প্রকাশ করে। (৪) $\psi^2$ এর মান বিশেষ অর্থ প্রকাশ করে। $\psi^2$ এর প্রতিটি মান ইলেকট্রনের তরঙ্গের তীব্রতার সমানুপাতিক। কোন নির্দিষ্ট শক্তির ইলেকট্রনের সম্ভাব্য অবস্থান নিউক্লিয়াসের চারদিকে কোন স্থানে হবে তা $\psi^2$ এর মান থেকে জানা যায়। (৫) নিউক্লিয়াসের চারদিকে যে নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক স্থানে কোন নির্দিষ্ট শক্তির ইলেকট্রনের অবস্থানের সম্ভাবনা বেশি যেমন প্রায় 90 – 95% হয়, একে বিজ্ঞানী সমারফিল্ড **অরবিটাল** (orbital) নামে অভিহিত করেন। সুতরাং $\psi^2$ এর মানসমূহ পরমাণুতে বিভিন্ন শক্তির অরবিটাল প্রকাশ করে।

প্রকৃতপক্ষে পরমাণুতে বিভিন্ন অরবিট বা শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের বিভিন্ন উপশক্তিস্তর ও অরবিটাল আছে, তা পূর্ণাঙ্গ ব্যাখ্যার জন্য চার প্রকারের পরস্পর সম্পর্কযুক্ত সংখ্যামান প্রস্তাব করা হয়, এদেরকে **কোয়ান্টাম সংখ্যা** বলা হয়।

## ২.১৯। কোয়ান্টাম সংখ্যাসমূহ
## Quantum Numbers

**কোয়ান্টাম সংখ্যা ঃ** কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে পরমাণুর ইলেকট্রনের কক্ষপথ বা শক্তিস্তরের আকার (size), কক্ষ পথের আকৃতি (shape) ও কক্ষ পথের ত্রিমাত্রিক দিক বিন্যাস (orientation) নির্দেশক পরস্পর সম্পর্কযুক্ত তিনটি রাশি রয়েছে। এছাড়া পারমাণবিক বর্ণালীর সূক্ষ্ম গঠন বিশ্লেষণের জন্য ইলেকট্রনের অক্ষ বরাবর ঘূর্ণন (spin) প্রকাশক চতুর্থ রাশি আছে। এ চারটি রাশিকে **কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়।** এ চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার নাম হল ঃ

(১) প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n (Principal quantum number)

(২) অ্যাজিমুথাল বা সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, *l* (Azimuthal or subsidiary quantum number)

(৩) চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা, m (Magnetic quantum number) ও

(৪) ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা, s (Spin quantum number)।

**কোয়ান্টাম সংখ্যার গুরুত্ব ঃ** কোন পরমাণুতে প্রতিটি ইলেকট্রনের শক্তিস্তরের আকার, আকৃতি, ত্রিমাত্রিক দিক বিন্যাস ও অক্ষ বরাবর ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণন সুষ্ঠুভাবে বর্ণনা করার জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন রয়েছে।

**১। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n ঃ বোর পরমাণু মডেল অনুসারে পরমাণুর ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে নির্দিষ্ট বৃত্তাকার অরবিট বা শক্তিস্তরে আবর্তন করে। পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহের অরবিট বা প্রধান শক্তিস্তরসমূহের ক্রমিক সংখ্যাকে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়।** প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা অরবিট বা শক্তিস্তরের আকার প্রকাশ করে। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যাকে n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখানে n এর মান 1, 2, 3, 4 প্রভৃতি পূর্ণ সংখ্যা। n-এর মান বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে শুধু আবর্তনশীল ইলেকট্রনের শক্তিই বাড়ে না, সে সাথে নিউক্লিয়াস থেকে তার কক্ষপথের দূরত্বও বৃদ্ধি পায়। বোর মতবাদ অনুসারে, n = 1 হলে ১ম শক্তিস্তর বা K–শেল; n = 2 হলে ২য় শক্তিস্তর বা L–শেল; n = 3 হলে ৩য় শক্তিস্তর বা M–শেল। অনুরূপভাবে ৪র্থ শক্তিস্তর বা N শেল ইত্যাদি হয়। যে কোন প্রধান শক্তিস্তরের সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা হচ্ছে $2n^2$।

http://pdfcorner.com

**২। অ্যাজিমুথাল বা সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, *l* ঃ পরমাণুতে ইলেকট্রন আবর্তনের জন্য প্রতিটি প্রধান শক্তিস্তর নির্দিষ্ট সংখ্যক উপশক্তিস্তরে বিভক্ত থাকে। একটি ইলেকট্রন প্রধান শক্তিস্তরের যে উপস্তরে রয়েছে তা প্রকাশের জন্য যে কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহৃত হয়, তাকে সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়।** এটিকে **অরবিটাল কোয়ান্টাম সংখ্যাও বলে।** সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যাকে *l* দ্বারা প্রকাশ করা হয়। '*l*' এর মান 0 থেকে (n – 1) পর্যন্ত হয়। *l* এর মান দ্বারা উপশক্তিস্তরের আকৃতি নির্ধারিত হয়। *l* এর মান 0, 1, 2, 3 হলে উপশক্তিস্তরকে যথাক্রমে s, p, d, f দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এসব উপশক্তিস্তরে বর্তমান ইলেকট্রনগুলোকে s, p, d, f ইলেকট্রন বলা হয়। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n এবং সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা *l* এর মানের উপর নির্ভর করে নিম্নোক্ত উপশক্তিস্তর বা অরবিটাল পরমাণুতে থাকে।

| | | |
|---|---|---|
| প্রধান শক্তিস্তর, n = 1 হলে, | *l* = 0 | অর্থাৎ ১ম শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর ১টি, 1s |
| প্রধান শক্তিস্তর, n = 2 হলে, | *l* = 0, 1 | অর্থাৎ ২য় শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর ২টি, 2s 2p |
| প্রধান শক্তিস্তর, n = 3 হলে, | *l* = 0, 1, 2 | অর্থাৎ ৩য় শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর ৩টি, 3s 3p 3d |
| প্রধান শক্তিস্তর, n = 4 হলে, | *l* = 0, 1, 2, 3 | অর্থাৎ ৪র্থ শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তর ৪টি, 4s 4p 4d 4f |

অতএব n এর মান যত উপশক্তিস্তরের সংখ্যাও তত। যে কোন উপশক্তিস্তরের সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণক্ষমতা = $2(2l + 1)$, এখানে $l = 0, 1, 2, 3$ ইত্যাদি।

[ **উপশক্তিস্তরের নামকরণের উৎস ঃ** গ্রুপ IA এর ক্ষার ধাতুসমূহের পারমাণবিক বর্ণালীসমূহে চার শ্রেণীর বর্ণালী দেখা যায়। বিজ্ঞানীরা প্রাথমিক অবস্থায় তাদেরকে তীক্ষ্ণ বা sharp (s), প্রধান বা principal (p), পরিব্যাপ্ত বা diffused (d) ও মৌলিক বা fundamental (f) নামকরণ করে যথাক্রমে s, p, d ও f প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করেন এবং তাদের জন্য *l* এর মান যথাক্রমে 0, 1, 2, 3 নির্দিষ্ট করা হয়।] বিজ্ঞানী সমারফিল্ড পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহের জন্য বোর প্রস্তাবিত প্রধান শক্তিস্তরের মধ্যে বৃত্তাকার ও উপবৃত্তাকার প্রভৃতির উপশক্তিস্তরের ধারণা প্রস্তাব করেন।

**৩। চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা, m ঃ** পরমাণুর কেন্দ্রে ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াস ও কক্ষপথে ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রন থাকার কারণে পরমাণুর ভেতরে একটি বিদ্যুৎ ক্ষেত্র এবং এর প্রভাবে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। এ **চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে ইলেকট্রনের বিভিন্ন অরবিটালের ত্রিমাত্রিক দিক স্থিতি বা অরিয়েন্টেশন (Orientation) ঘটে। পরমাণুর অরবিটালের ত্রিমাত্রিক দিকস্থিতি প্রকাশ করার জন্য যে সংখ্যা ব্যবহৃত হয়, একে চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা বলা হয়।** একে $m_l$ বা m দ্বারা প্রকাশ করা হয়। m এর মান *l*-এর উপর নির্ভরশীল এবং তা $+l$ হতে শূন্যসহ $-l$ পর্যন্ত হতে পারে। প্রতি *l*-এর যে-কোন মানের জন্য m-এর $(2l + 1)$ সংখ্যক মান আছে। এ কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা অরবিটালের দিক নির্দেশ করা হয়। m এর মোট মান দ্বারা উপশক্তিস্তরে মোট অরবিটাল সংখ্যা বোঝায়।

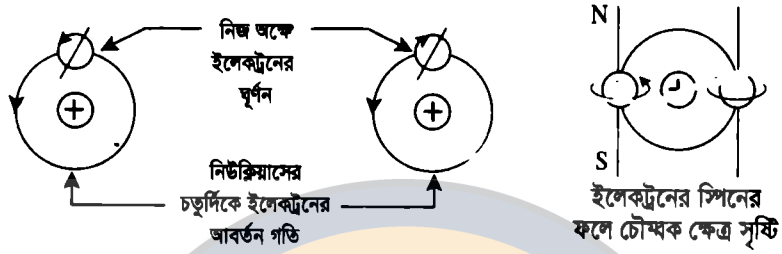
| | | |
|---|---|---|
| উপশক্তিস্তর, s এর জন্য | *l* = 0; m = 0 | ∴ s উপশক্তিস্তরে ১টি অরবিটাল। |
| উপশক্তিস্তর, p এর জন্য | *l* = 1; m = 1, 0, –1 | ∴ p উপশক্তিস্তরে ৩টি অরবিটাল। |
| উপশক্তিস্তর, d এর জন্য | *l* = 2; m = 2, 1, 0, –1 –2 | ∴ d উপশক্তিস্তরে ৫টি অরবিটাল। |
| উপশক্তিস্তর, f এর জন্য | *l* = 3; m = 3, 2, 1, 0, –1, –2, –3 | ∴ f উপশক্তিস্তরে ৭টি অরবিটাল। |

উল্লেখ্য একই উপশক্তিস্তরের যে সব অরবিটালের শক্তি অভিন্ন হয়, তাদেরকে degenerate অরবিটাল বলা হয় এবং যে সব অরবিটালের শক্তি ভিন্ন হয়, তাদেরকে non-degenerate অরবিটাল বলা হয়। পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে, উপশক্তিস্তরে আবর্তনশীল প্রতিটি ইলেকট্রনের চৌম্বক ক্ষেত্র থাকে। এরূপ কোন পরমাণুকে বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে রাখলে, তখন পরমাণুর সমশক্তির অরবিটাল বা degenerate অরবিটালসমূহ (যেমন $p_x$, $p_y$, $p_z$ অরবিটালসমূহ) non-degenerate অরবিটাল বা অসমশক্তির অরবিটালে পরিণত হয়; কারণ ঐ সব অরবিটালের কিছু অরবিটাল চৌম্বক ক্ষেত্রের সমান্তরাল ও অবশিষ্ট ভিন্ন থাকে। ফলে ইলেকট্রনসমূহ এক অরবিটাল থেকে ভিন্ন অরবিটালসমূহে উদ্দীপিত অবস্থায় থাকে। তখন চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে পারমাণবিক বর্ণালীর প্রত্যেক রেখা কয়েকটি বিজোড় সংখ্যক (যেমন 1, 3, 5 ইত্যাদি) সূক্ষ্ম লাইনে বিভক্ত হয়ে পড়ে। এটি বিজ্ঞানী জিম্যান (P. Zeemen) আবিষ্কার করেন বলে তাঁর নামানুসারে একে **জিম্যান প্রভাব** (Zeemen effect) বলা হয়।

**৪। ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা, s বা, $m_s$ ঃ** প্রতিটি ইলেকট্রনের সর্বদা নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণন বা স্পিনগতি থাকে। অক্ষ বরাবর ঘুরতে ঘুরতে প্রতিটি ইলেকট্রন নিজের কক্ষপথে আবর্তন করে থাকে। ঘূর্ণন বা স্পিন গতির

http://pdfcorner.com

কারণে প্রতিটি ইলেকট্রন একটি অতি ক্ষুদ্র চুম্বকরূপে মৃদু চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। ইলেকট্রনের স্পিন বর্ণনার জন্য যে কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহৃত হয়, একে স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা বলে। এর প্রতীক s বা $m_s$। ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের দিক ঘড়ির কাঁটার আবর্তনের দিকে অথবা বিপরীত দিকে হতে পারে। তাই এ দু'রকম ঘূর্ণনের জন্য s এর দুটি মান যেমন $+\frac{1}{2}$ অথবা $-\frac{1}{2}$ হতে পারে। এ s এর মানের উপরও ইলেকট্রনের শক্তি কিছু পরিমাণে নির্ভরশীল। সাধারণ নিয়ম হল প্রতিটি অরবিটালে বিপরীত স্পিনের (↓↑) মানযুক্ত দুটি ইলেকট্রন আবর্তন করতে পারে।




চিত্র ২.১০ ঃ ইলেকট্রনের স্পিন।

**সংক্ষেপে বলা যায়, প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা কক্ষপথের আকার (অর্থাৎ কেন্দ্র হতে তার দূরত্ব), সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা উপকক্ষপথের আকৃতি, চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা অরবিটালের কৌণিক অবস্থানের দিক ও স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের দিক নির্দেশ করে। কক্ষপথভিত্তিক কোয়ান্টাম সংখ্যা হল ৩টি।**

বিভিন্ন কোয়ান্টাম সংখ্যার মান থেকে পরমাণুতে বিভিন্ন শক্তিস্তরে অবস্থানকারী সর্বাধিক ইলেকট্রনের সংখ্যা ও বিন্যাসের প্রকরণ নিম্নের সারণিতে দেখানো হল ঃ

**সারণি ২.৫ ঃ বিভিন্ন শক্তিস্তরের কোয়ান্টাম সংখ্যার বিন্যাস।**

| কক্ষপথ-এর নাম | প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n | সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l$ | উপস্তর বা অরবিটাল | চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা m | প্রতি উপস্তরে অরবিটাল সংখ্যা | স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা s | প্রতি উপস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা | প্রতি প্রধান স্তরে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১ম কক্ষপথ | n = 1 | $l = 0$ | 1s অরবিটাল | $l = 0$ হলে m = 0 হয় | ∴ 1s অরবিটাল হয় 1টি | 1টি 1s অরবিটালে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের ২টি ইলেকট্রন থাকে | 2 $= 1s^2$ | ∴ ১ম কক্ষপথে 2টি ইলেকট্রন $= 1s^2$ |
| ২য় কক্ষপথ | n = 2 | $l = 0$ | 2s অরবিটাল | $l = 0$ হলে m = 0 হয় | ∴ 2s অরবিটাল হয় 1টি | 1টি 2s অরবিটালে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের 2টি ইলেকট্রন থাকে | 2 $= 2s^2$ | ∴ ২য় কক্ষপথে $(2 + 6) = 8$টি ইলেকট্রন $= 2s^2\ 2p^6$ |
| | | $l = 1$ | 2p অরবিটাল | $l = 1$ হলে m = 1, 0, −1 এ তিনটি মান হয় | ∴ 2p অরবিটাল হয় 3টি | 3টি 2p অরবিটালের প্রতিটিতে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের দুটি করে $3 \times 2 = 6$টি ইলেকট্রন থাকে | 6 $= 2p^6$ | |

http://pdfcorner.com

| কক্ষপথ-এর নাম | প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n | সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l$ | উপস্তর বা অরবিটাল | চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা m | প্রতি উপস্তরে অরবিটাল সংখ্যা | স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা s | প্রতি উপস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা | প্রতি প্রধান স্তরে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ৩য় কক্ষপথ | n = 3 | $l = 0$ | 3s অরবিটাল | l = 0 হলে m = 0 হয় | ∴ 3s অরবিটাল হয় 1টি | 1টি 3s অরবিটালে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের 2টি ইলেকট্রন থাকে | 2 $= 3s^2$ | ∴ ৩য় কক্ষপথে (2 + 6 + 10) = 18টি ইলেকট্রন $= 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ |
| | | $l = 1$ | 3p অরবিটাল | $l = 1$ হলে m = 1, 0, −1 এ তিনটি মান হয় | ∴ 3p অরবিটাল হয় 3টি | 3টি 3p অরবিটালের প্রতিটিতে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের দুটি করে 3 × 2 = 6 টি ইলেকট্রন থাকে | 6 $= 3p^6$ | |
| | | $l = 2$ | 3d অরবিটাল | l = 2 হলে m = 2, 1, 0, −1, −2 এ পাঁচটি মান হয় | ∴ 3d অরবিটাল হয় 5টি | 5টি 3d অরবিটালের প্রতিটিতে $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ স্পিনের দুটি করে 5 × 2 = 10 টি ইলেকট্রন থাকে | 10 $= 3d^{10}$ | |

## ২.২০। অরবিট ও অরবিটাল
### Orbit and Orbital

**অরবিট ঃ** বোর পরমাণু মডেল অনুসারে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনসমূহ আবর্তনের জন্য কতগুলো বৃত্তাকার স্থির কক্ষপথ বা শক্তিস্তর আছে। এ সব বৃত্তাকার স্থির শক্তিস্তরকে **অরবিট** বলা হয়। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n)-এর সাথে অরবিটসমূহের সম্পর্ক রয়েছে। নিউক্লিয়াসের সবচেয়ে কাছের অরবিট হল ১ম শক্তিস্তর এবং এক্ষেত্রে n = 1 হয়। অনুরূপভাবে ২য় শক্তিস্তর বা ২য় অরবিটের ক্ষেত্রে n = 2 হয়। প্রথম অরবিট থেকে দ্বিতীয় অরবিট আকারে বড়। একই নিয়মে ৩য়, ৪র্থ, ৫ম অরবিট ক্রমান্বয়ে আকারে বড় হয়ে থাকে।

**অরবিটাল ঃ** কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের কাছেও থাকতে পারে; আবার নিউক্লিয়াস থেকে দূরেও থাকতে পারে। তবে নিউক্লিয়াসের চারদিকে যে এলাকায় আবর্তনশীল ও নির্দিষ্ট শক্তিযুক্ত ইলেকট্রন মেঘের অবস্থানের সম্ভাবনা 90—95% হয়ে থাকে, ইলেকট্রন মেঘের সে এলাকাকে **অরবিটাল** বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে, **অরবিটাল হল তরঙ্গ ফাংশন** অর্থাৎ **তরঙ্গ বলবিদ্যায় গাণিতিক ফাংশন**, যা দ্বারা কোন পরমাণুতে **ইলেকট্রনের অবস্থা বর্ণনা করা যায়। 'অরবিটাল' শব্দটি দ্বারা পরমাণুতে বিভিন্ন উপশক্তিস্তর বোঝানো হয়।**

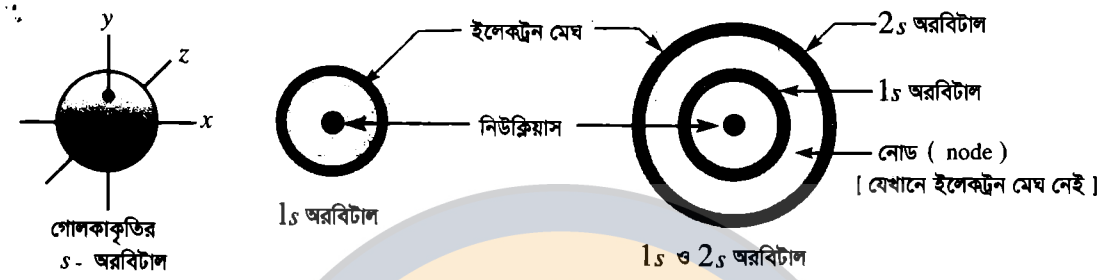
**বিভিন্ন অরবিটালের আকৃতি ঃ**

**(১) s-অরবিটাল ঃ** প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n) এর যে কোন মানের জন্য s-অরবিটাল ($l = 0$) এর ক্ষেত্রে m = 0 হয় বলে এর একটি মাত্র ত্রিমাত্রিক সমবিন্যাস সম্ভব। s অরবিটালের আকৃতি গোলকের ন্যায়; যার কেন্দ্রে



http://pdfcorner.com

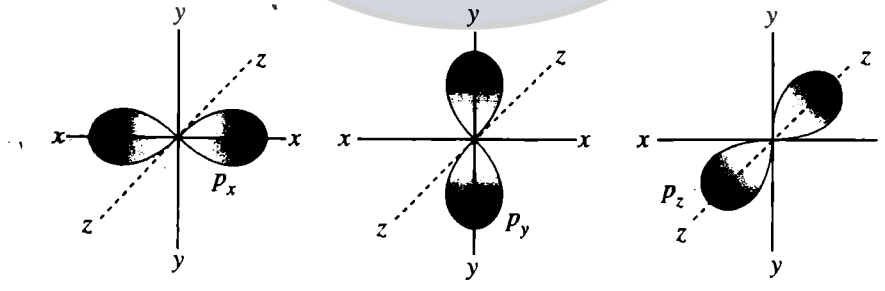
নিউক্লিয়াস অবস্থিত। s-অরবিটাল ত্রিমাত্রিকভাবে x-অক্ষ, y-অক্ষ ও z-অক্ষ বরাবর সমভাবে বিস্তৃত থাকে। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 'n' এর মান যত বড় হবে, s–অরবিটালের গোলকাকৃতিও তত বড় হয়।




চিত্র ২.১১ ঃ s-অরবিটালের আকৃতি।

**(২) p-অরবিটাল ঃ** পরমাণুর ইলেকট্রনের প্রথম শক্তিস্তরের জন্য প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 1 হয়, তখন সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, $l = 0$ হয়। অতএব প্রথম শক্তিস্তরে p অরবিটাল ($l = 1$) নেই। দ্বিতীয় শক্তিস্তরের জন্য n = 2 হয়। তখন $l = 0, 1$ দুটি মান হয়। $l = 1$ হলে p অরবিটাল হয়। আবার $l = 1$ হলে চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা, m = + 1, 0, –1 তিনটি মান সম্ভব। অতএব একই শক্তিসম্পন্ন তিনটি করে p অরবিটাল আছে; এদেরকে $p_x$, $p_y$ ও $p_z$ অরবিটাল বলা হয়। p অরবিটালসমূহের আকৃতি অনেকটা ডাম্বেলের (dumbel) ন্যায়। এদের আকৃতি **একই প্রকারের হয়;** কিন্তু এরা যথাক্রমে X, Y, Z অক্ষে পরস্পরের উপর লম্বভাবে থাকে এবং নিজ নিজ অক্ষ বরাবর দিক নির্দেশক রূপে বিস্তৃত থাকে।

p-অরবিটালত্রয় s-অরবিটালের মত নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে সমভাবে বিস্তৃত থাকে না। পরমাণুর কেন্দ্রের দিকে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কম এবং অক্ষ বরাবর ত্রিমাত্রিক স্থানে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব সর্বাধিক হয়। যেমন,

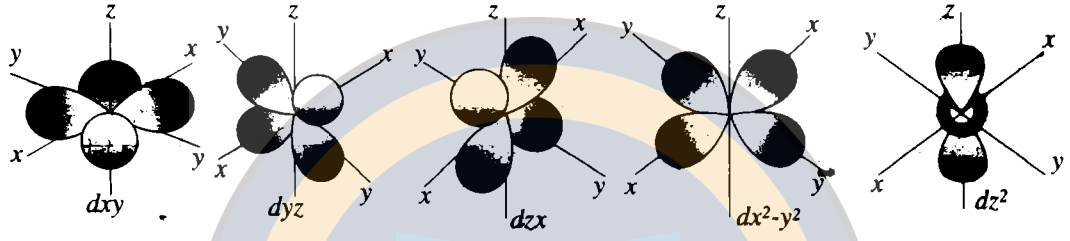



চিত্র ২.১২ ঃ p-অরবিটালত্রয়ের আকৃতি।

**(৩) d-অরবিটাল ঃ** কোন ইলেকট্রনের শক্তিস্তরের সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l = 2$ হলে তখন d অরবিটাল সম্ভব। যখন $l = 2$ হয়, তখন m এর মান পাঁচটি হয়; যেমন m = $(2l + 1) = (2 \times 2 + 1) = 5$; এসব মান হল 2, 1,

http://pdfcorner.com

0, –1, –2। তাই d-অরবিটালের পাঁচ প্রকার ত্রিমাত্রিক বিন্যাস সম্ভব অর্থাৎ পাঁচটি সমশক্তির d-অরবিটাল আছে; এদেরকে $d_{xy}$, $d_{yz}$, $d_{zx}$, $d_{x^2-y^2}$, $d_{z^2}$ বলে। d-অরবিটালের আকৃতি চারটি লোববিশিষ্ট ডাবল–ডাম্বেলের মত। প্রথম তিনটি দুটি অক্ষের মাঝখানে থাকে; যেমন $d_{xy}$ এর চারটি লোব X ও Y উভয় অক্ষের মাঝখানে, $d_{yz}$ এর চারটি লোব Y ও Z উভয় অক্ষের মাঝখানে, $d_{zx}$ এর চারটি লোব Z ও X উভয় অক্ষের মাঝখানে অবস্থান করে। চতুর্থ অরবিটাল $d_{x^2-y^2}$ এর চারটি লোব X ও Y অক্ষ বরাবর অবস্থান করে। পঞ্চম অরবিটাল $d_{z^2}$ এর মেঘপুঞ্জ চিত্রমতে Z-অক্ষ বরাবর এবং কিছু মেঘ চক্রাকারে X ও Y অক্ষদ্বয়ের ছেদবিন্দুকে কেন্দ্র করে অবস্থান নেয়। যেমন,




চিত্র ২.১৩ ঃ পাঁচটি d-অরবিটালের আকৃতি।

তবে সবসময় মনে রাখা প্রয়োজন যে, সুবিধাজনকভাবে দ্বিমাত্রিকভাবে আঁকা হলেও এ সব অরবিটালের আকৃতি প্রকৃতপক্ষে ত্রিমাত্রিক। যেমন s অরবিটালের আকৃতি বৃত্তের ন্যায় নয় বরঞ্চ ফুটবলের ন্যায় গোলকাকার।

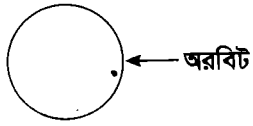
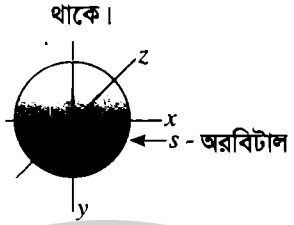
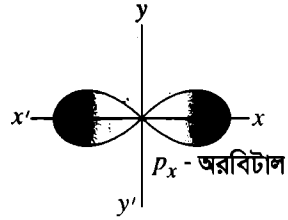
## ২.২০.১। অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য
### Difference between Orbit and Orbital

পরমাণুর ইলেকট্রনের অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে যে সব পার্থক্য আছে, তা সারণিতে দেখানো হল ঃ

সারণি ২.৪ ঃ অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য

| অরবিট (orbit) | অরবিটাল (orbital) |
|---|---|
| ১। "অরবিট" শব্দটির উৎস হচ্ছে বোর প্রদত্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর গঠন সংক্রান্ত মতবাদ। এ মতবাদ অনুসারে নিউক্লিয়াসের চারদিকে সুনির্দিষ্ট বৃত্তাকার (circular) কক্ষপথে ইলেক্ট্রনসমূহ আবর্তন করে। এ বৃত্তাকার কক্ষপথসমূহকে **অরবিট** বলা হয়। | ১। "অরবিটাল" শব্দটির উৎস হচ্ছে কোয়ান্টাম বলবিদ্যা। এ বলবিদ্যা অনুসারে ইলেক্ট্রনসমূহের কোন সুনির্দিষ্ট কক্ষপথ নেই। তবে নিউক্লিয়াসের চারদিকে কিছু স্থানে ইলেক্ট্রনসমূহের প্রাপ্তির সম্ভাবনা খুব বেশি। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে নির্দিষ্ট শক্তিযুক্ত ইলেক্ট্রন মেঘের উচ্চ ঘনত্ব যেমন 90—95% বিশিষ্ট ত্রিমাত্রিক অঞ্চলসমূহকে **অরবিটাল** বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে অরবিটাল দ্বারা পরমাণুতে বিভিন্ন উপশক্তিস্তরও বোঝানো হয়। |
| ২। অরবিট দ্বারা নিউক্লিয়াসের চারদিকে দ্বিমাত্রিক বৃত্তাকার পথে ইলেকট্রন আবর্তন করে বোঝায়। | ২। অরবিটাল দ্বারা নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ত্রিমাত্রিক স্থানে (X, Y ও Z-অক্ষ বরাবর) ইলেকট্রন আবর্তন করে বোঝায়। |

http://pdfcorner.com

| অরবিট (orbit) | অরবিটাল (orbital) |
|---|---|
| ৩। ইলেকট্রনের অরবিটসমূহ বৃত্তাকার (circular)। যেমন–   | ৩। বিভিন্ন অরবিটালের আকৃতি বিভিন্ন। যেমন s অরবিটাল গোলক আকৃতির, p অরবিটাল দুটি লোববিশিষ্ট ডাম্বেলের মত; d অরবিটাল ডাবল ডাম্বেলের মত; প্রতি d অরবিটালে চারটি লোব থাকে।   s-অরবিটাল   $P_x$-অরবিটাল |
| ৪। অরবিটসমূহ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n এর সাথে সম্পর্কিত। n = 1, 2, 3, 4 ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা হয়। | ৪। অরবিটালসমূহ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n ও সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l$ এর সাথে সম্পর্কিত। প্রকৃতপক্ষে এ সাথে চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা অরবিটালসমূহ সুনির্দিষ্টভাবে চিহ্নিত হয়। |
| ৫। অরবিটসমূহকে K, L, M, N, O প্রভৃতি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 1 হলে K অরবিট, n = 2 হলে L অরবিট; এভাবে অরবিটসমূহ চিহ্নিত হয়। | ৫। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, $l$ = 0, 1, 2, 3, 4 হলে অরবিটালসমূহকে s, p, d, f, g দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আরো সূক্ষ্মভাবে প্রকাশের জন্য এ সব প্রতীক চিহ্নের সাথে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা ও বিভিন্ন অক্ষের সাথে এ সব অরবিটালের দিকস্থিতিও লেখা হয়, যেমন 1s, 2s, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ অরবিটাল। |

## ২.২০.২। নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে মোট অরবিটাল সংখ্যা গণনা

**Calculation of Total Number of Orbitals in a Particular Energy Level**

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n-এর মান দ্বারা নির্দিষ্ট শক্তিস্তর বোঝায়; যেমন n = 1 হলে ১ম শক্তিস্তর, n = 2 হলে ২য় শক্তিস্তর, n = 3 হলে ৩য় শক্তিস্তর ইত্যাদি বোঝায়। সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা $l$ এর মোট মান দ্বারা প্রতিটি নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে বিভিন্ন উপশক্তিস্তর বা অরবিটাল প্রকাশ পায়। আবার চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা m এর মোট মান দ্বারা ঐ নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে ত্রিমাত্রিকভাবে বিন্যস্ত **মোট অরবিটাল সংখ্যা** গণনা করা যায়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট শক্তিস্তরের জন্য $l$ ও m এর অনুমোদিত মোট মান থেকে ঐ শক্তিস্তরে **মোট অরবিটাল** সংখ্যা গণনা করা সম্ভব।

**পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তরের বেলায় মোট অরবিটাল সংখ্যা নির্ণয়–**

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, $n = 3$ হয়। তখন,
সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, $l = 0, 1, 2$ সম্ভব। কারণ $l = 0$ সহ $(n - 1)$ হয়।

∴ এক্ষেত্রে $l$ এর মোট মান হল তিনটি; তাই ৩য় শক্তিস্তরে বিভিন্ন উপশক্তিস্তর বা অরবিটাল হল তিন প্রকার; যেমন 3s, 3p, 3d।

আবার m এর মান $l$ এর মানের উপর নির্ভরশীল। আবার m এর মোট মান থেকে প্রত্যেক প্রকারের অরবিটাল সংখ্যা হিসাব করা হয়। যেমন,

$l = 0$ হলে, m = 0 হয়, ∴ 3s উপশক্তিস্তরে 1টি অরবিটাল সম্ভব।
$l = 1$ হলে, m = –1, 0, +1 হয়, ∴ 3p উপশক্তিস্তরে 3টি অরবিটাল সম্ভব।
$l = 2$ হলে, m = –2, –1, 0, + 1, +2 হয়, ∴ 3d উপশক্তিস্তরে 5টি অরবিটাল সম্ভব।

∴ পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তরে অনুমোদিত মোট অরবিটাল সংখ্যা = (1 + 3 + 5) টি = 9টি।
ঐ সব অরবিটালের নাম হল, 3s, $(3p_x, 3p_y, 3p_z)$, $(3d_{xy}, 3d_{yz}, 3d_{zx}, 3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2})$।

http://pdfcorner.com

**পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তরে ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা ঃ** প্রতিটি অরবিটালে বিপরীত স্পিনযুক্ত দুটি করে ইলেকট্রন থাকতে পারে; তাই ৩য় শক্তিস্তরের নয়টি অরবিটালে সর্বমোট **ইলেকট্রন ধারণক্ষমতা** হল $9 \times 2 = 18$টি।

যেমন– $3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$

## ২.২১। পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস
## Electronic Configuration of Atoms

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতটি প্রোটন থাকে, তাকে ঐ মৌলের প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যা বলে। আবার নিউক্লিয়াসে যতটি প্রোটন থাকে, নিউক্লিয়াসের বাইরে বিভিন্ন কক্ষপথে ঠিক ততটি ইলেকট্রন থাকে। তখন পরমাণুটি বিদ্যুৎ চার্জ নিরপেক্ষ হয়।

**ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে কোন পরমাণুর নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন ঐ পরমাণুর বিভিন্ন শক্তিস্তরস্থিত নির্দিষ্ট উপশক্তিস্তরের বিভিন্ন অরবিটালে নির্দিষ্ট নিয়মে সজ্জিত থাকে। পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনের এ সজ্জাকে **পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস** বলে। **ইলেকট্রন বিন্যাসের সাধারণ নিয়মগুলো হল** নিম্নরূপ ঃ

(ক) পলির বর্জন নীতি (Pauli's Exçlusion Principle)
(খ) আউফবাউ নীতি (Aufbau Principle)
(গ) হুন্ডের নিয়ম (Hund's Rule)

**(ক) পলির বর্জন নীতি (Pauli's Exclusion Principle) ঃ** পরমাণুতে বিভিন্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের অবস্থান সম্পর্কে ১৯২৫ সালে বিজ্ঞানী পলি (W. Pauli) এক নীতি প্রদান করেন, এটি **পলির বর্জন নীতি** নামে অভিহিত।

**পলির বর্জন নীতি নিম্নরূপ ঃ**

**"একটি পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রনের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কখনও একইরূপ হতে পারে না। অন্ততপক্ষে একটির মান দুটি ইলেকট্রনের বেলায় ভিন্ন হতে হয়।"** অর্থাৎ একটি পরমাণুতে অবস্থানরত ইলেকট্রনগুলোর নিজেদের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মধ্যে অন্ততপক্ষে একটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন থাকতেই হবে।

যেমন, হিলিয়াম (He) পরমাণুতে ২টি ইলেকট্রন থাকে। এ দুটি ইলেকট্রনের ৪টি কোয়ান্টাম সংখ্যার মধ্যে প্রথম ৩টির মান সমান হলেও চতুর্থ কোয়ান্টাম সংখ্যা অর্থাৎ স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন–

১ম ইলেকট্রন $e_1$ এর জন্য $n = 1, \quad l = 0, \quad m = 0, \quad s = +\frac{1}{2}$

২য় ইলেকট্রন $e_2$ এর জন্য $n = 1, \quad l = 0, \quad m = 0, \quad s = -\frac{1}{2}$

সুতরাং হিলিয়ামের দুটি ইলেকট্রনের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান থেকে বোঝা যায় যে, একটি পরমাণুর ২টি ইলেকট্রনের কক্ষপথের আকার (n), আকৃতি ($l$) ও কৌণিক অবস্থান (m) একই হতে পারে; যদি নিজ অক্ষের উপর ঐ ইলেকট্রনদ্বয়ের ঘূর্ণনের দিক বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ এক্ষেত্রে ৪র্থ কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন হয়েছে।

### পলির বর্জন নীতির প্রয়োগ ঃ

**(১) বিভিন্ন উপশক্তিস্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা ঃ** পলির বর্জন নীতি ব্যবহার করে বিভিন্ন উপশক্তিস্তরে সর্বাধিক কতগুলো ইলেকট্রন থাকা সম্ভব তা জানা যায়। যেমন,

**s-উপশক্তিস্তরে** $l = 0$ এবং $m = 0$ হয় অর্থাৎ m এর মান একটিমাত্র হওয়ায় s-উপশক্তিস্তরে একটি মাত্র অরবিটাল থাকে। এ একটি s-অরবিটালে বিপরীত স্পিনের দুটি করে $1 \times 2 = 2$টি ইলেকট্রন ($s^2$) থাকা সম্ভব।

**p-উপশক্তিস্তরে** $l = 1$ এবং $m = 1, 0, -1$ হয় অর্থাৎ m এর তিনটি মান হওয়ায় p উপশক্তিস্তরে তিনটি অরবিটাল সম্ভব। এ তিনটি p-অরবিটালে বিপরীত স্পিনের দুটি করে $3 \times 2 = 6$টি ইলেকট্রন ($p^6$) থাকা সম্ভব।

http://pdfcorner.com

**d-উপশক্তিস্তরে** $l = 2$ এবং $m = 2, 1, 0, -1, -2$ অর্থাৎ m এর পাঁচটি মান হওয়ায় d–উপশক্তিস্তরে পাঁচটি অরবিটাল সম্ভব। এ পাঁচটি অরবিটালে বিপরীত স্পিনের দুটি করে $5 \times 2 = 10$টি ইলেকট্রন ($d^{10}$) থাকা সম্ভব।

**f-উপশক্তিস্তরে** $l = 3$ এবং $m = 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3$ অর্থাৎ m এর সাতটি মান হওয়ায় f-উপশক্তিস্তরে সাতটি অরবিটাল সম্ভব। এ সাতটি অরবিটালে বিপরীত স্পিনের দুটি করে $7 \times 2 = 14$ টি ইলেকট্রন ($f^{14}$) থাকা সম্ভব।

| উপশক্তিস্তর | অরবিটাল সংখ্যা | সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|---|---|
| s | 1 | $1 \times 2 = 2$ | $s^2$ |
| p | 3 | $3 \times 2 = 6$ | $p^6$ |
| d | 5 | $5 \times 2 = 10$ | $d^{10}$ |
| f | 7 | $7 \times 2 = 14$ | $f^{14}$ |

**(২) প্রধান শক্তিস্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা ঃ** পলির বর্জননীতি অনুসারে কোন পরমাণুর অভ্যন্তরে একটি নির্দিষ্ট প্রধান শক্তিস্তরে সর্বোচ্চ $n^2$ সংখ্যক অরবিটাল সম্ভব। প্রতিটি অরবিটালে বিপরীত স্পিনের দুটি করে ইলেকট্রন ধারণ করলে সর্বোচ্চ $2 \times n^2$ সংখ্যক ইলেকট্রন প্রতিটি প্রধান শক্তিস্তরে থাকতে পারে। যেমন– ১ম শক্তিস্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা = $2 \times (1)^2 = 2$টি ($1s^2$)। ২য় শক্তিস্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা = $2 \times (2)^2 = 8$ (আট)টি ($2s^2 2p^6$) এবং ৩য় শক্তিস্তরে সর্বাধিক ইলেকট্রন সংখ্যা = $2 \times (3)^2 = 18$টি ($3s^2 3p^6 3d^{10}$)।

**(খ) আউফবাউ নীতি (Aufbau Principle) ঃ** পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সময় ইলেকট্রনসমূহ তাদের বিভিন্ন অরবিটালে তাদের শক্তির নিম্নস্তর থেকে উচ্চক্রম অনুসারে প্রবেশ করে। অর্থাৎ ইলেকট্রন সর্বপ্রথম সর্বনিম্ন শক্তিস্তর পূর্ণ করে। পরে অবশিষ্ট ইলেকট্রন ক্রমান্বয়ে উচ্চশক্তির অরবিটাল পূর্ণ করতে থাকে। কারণ নিম্নশক্তির স্তরে স্থিতিশীলতা বেশি। ইলেকট্রন দ্বারা অরবিটাল পূর্ণ হওয়ার এ নিয়মকে **আউফবাউ নীতি** বলা হয়। আউফবাউ (aufbau) হল জার্মান শব্দ; এর অর্থ হল উপর দিকে তৈরি করা বা building up.

কোয়ান্টাম বলবিদ্যা ব্যবহার করে অরবিটালসমূহের শক্তি গণনা করা হয়েছে। অরবিটালসমূহের শক্তি ক্রম বৃদ্ধি নিম্নরূপ ঃ

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, **3d**, 4p, 5s, **4d**, 5p, 6s, **4f**, **5d**, 6p, 7s, **5f**, **6d**, 7p, ও 8s,

**উদাহরণ ঃ** আউফবাউ নীতি অনুসারে পটাসিয়াম K(19) ও স্ক্যান্ডিয়াম Sc(21) এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

$$K(19) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{\circ}\ \boxed{4s^1}$$

$$Sc(21) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^1\ 4s^2}$$

যেহেতু 4s অরবিটালের শক্তি 3d অরবিটালের শক্তির চেয়ে কম, তাই পটাসিয়ামের সর্বশেষ অর্থাৎ ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে না গিয়ে 4s অরবিটালে স্থান করে নিয়েছে।

আবার স্ক্যান্ডিয়ামের বেলায় নিম্নশক্তির 4s অরবিটাল পূর্ণ করে পরবর্তী উচ্চশক্তি 3d অরবিটালে সর্বশেষ ২১তম ইলেকট্রনটি প্রবেশ করেছে। উভয় উদাহরণ দ্বারা আউফবাউ নীতি প্রমাণিত হল।

অরবিটালের শক্তিক্রম মনে রাখার জন্য চিত্র ২.১৪ ব্যবহার করা হয়।

**ইলেকট্রনের দুটি অরবিটালের শক্তির তুলনামূলক মান নির্ণয় ঃ**

(১) দুটি অরবিটালের মধ্যে যার $(n + l)$ এর মান কম তার শক্তিও কম হয়। অর্থাৎ সেটি নিম্নশক্তির অরবিটাল এবং ইলেকট্রন তুলনামূলকভাবে ঐ অরবিটালে আগে প্রবেশ করবে। যেমন,

http://pdfcorner.com

3d অরবিটালের জন্য ঃ n = 3 এবং $l$ = 2

$\therefore (n + l) = 3 + 2 = 5$

4s অরবিটালের জন্য ঃ n = 4 এবং $l$ = 0

$\therefore (n + l) = 4 + 0 = 4$

সুতরাং 3d অরবিটালের শক্তি বেশি এবং 4s অরবিটালের শক্তি কম। তাই ইলেকট্রন 4s অরবিটালে আগে প্রবেশ করে এবং সেটি পূর্ণ হলে 3d অরবিটালে স্থান নেয়।

(২) আবার দুটি অরবিটালের $(n + l)$ এর মান সমান হলে যার n-এর মান কম অর্থাৎ প্রধান শক্তিস্তর নিম্নতর হয়; সে অরবিটালে ইলেকট্রন আগে প্রবেশ করে। যেমন,

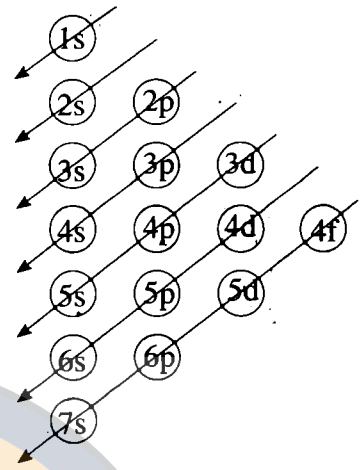
3d অরবিটালের জন্য ঃ n = 3 এবং $l$ = 2

$\therefore (n + l) = 3 + 2 = 5$

4p অরবিটালের জন্য ঃ n = 4 এবং $l$ = 1

$\therefore (n + l) = 4 + 1 = 5$

এক্ষেত্রে উভয় অরবিটালের $(n + l)$ এর মান সমান হয়েছে। কিন্তু 4p অপেক্ষা 3d অরবিটালের ক্ষেত্রে n এর মান কম। তাই 4p অরবিটাল অপেক্ষা 3d অরবিটালের শক্তি কম। অতএব 3d অরবিটালে ইলেকট্রন আগে প্রবেশ করে থাকে।




চিত্র ২.১৪ ঃ অরবিটালসমূহের শক্তির ক্রম মনে রাখার ছক।

অবশ্য সবসময় মনে রাখা উচিত এ সব হিসাব একটি **মোটামুটি হিসাব যা সবসময় সঠিক ইলেকট্রন বিন্যাস দেয় না। তা সত্ত্বেও এ দুটি নিয়ম অত্যন্ত সহায়ক।**

## ইলেকট্রন বিন্যাস লেখার নিয়ম

ইলেকট্রন বিন্যাস লেখার সময় অবশ্যই n এর মান অনুসারে সাজাতে হবে। যেমন, জারকোনিয়াম Zr (40) এর ইলেকট্রন বিন্যাস **আউফবাউ নীতি অনুসারে এভাবে হিসাব করা হয়।** যেমন,

Zr (40)-এর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^2$

কিন্তু সবশেষে লেখার সময় n-এর মান অনুযায়ী সাজিয়ে লেখা হয়। যেমন,

Zr (40) = $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$ $4d^2$ $5s^2$

**(গ) হুন্ডের নিয়ম (Hund's rule) ঃ** সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালসমূহে ইলেকট্রনের বিন্যাস হুন্ডের নিয়ম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। **হুন্ডের নিয়মটি নিম্নরূপ ঃ**

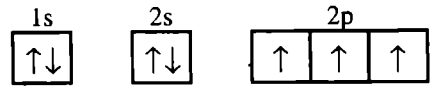
**একই শক্তিসম্পন্ন বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনগুলো এমনভাবে অবস্থান করবে যেন তারা সর্বাধিক সংখ্যায় অযুগ্ম বা বিজোড় অবস্থায় থাকতে পারে। এই সব অযুগ্ম ইলেকট্রনের স্পিন একইমুখী হবে।** 'একই শক্তিসম্পন্ন বিভিন্ন অরবিটাল' বলতে তিনটি p অরবিটাল, পাঁচটি d অরবিটাল ও সাতটি f অরবিটালকে বোঝানো হয়। s অরবিটালের জন্য হুন্ডের নিয়ম প্রযোজ্য নয়।

যেমন, **অরবিটাল পদ্ধতিতে** নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস N (7) = $1s^2$ $2s^2$ $2p^3$। আবার 2p অরবিটালে প্রকৃতপক্ষে সমশক্তিসম্পন্ন তিনটি অরবিটাল আছে; যাদেরকে $p_x$, $p_y$, $p_z$ অরবিটাল হিসেবে চিহ্নিত করা হয়।

সুতরাং নাইট্রোজেনের বেলায় উপরোক্ত $2p^3$ এর তিনটি ইলেকট্রন তিনটি সমশক্তির অরবিটালে আলাদাভাবে থাকবে এবং তাদের স্পিনসমূহ একইমুখী হবে। যেমন, N (7) = $1s^2$ $2s^2$ $2p_x^1$ $2p_y^1$ $2p_z^1$

http://pdfcorner.com

এটিকে **ইলেকট্রন বক্স পদ্ধতিতে** নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ




এখানে, তীর (↑) চিহ্ন দ্বারা ইলেকট্রনের স্পিনের দিক নির্দেশ করা হয়েছে।

অনুরূপভাবে, অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হবে $O(8) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ কেননা 2p অরবিটালে ৪র্থ ইলেকট্রনটি একটি ইলেকট্রনের সাথে জোড়বদ্ধ অবস্থায় থাকতে বাধ্য হয়।

O (8) =


**ইলেকট্রন বিন্যাসের সাধারণ নিয়মের কিছু ব্যতিক্রম ঃ**

**(ঘ) ইলেকট্রন বিন্যাসের সুস্থিতি (Stable Configuration) ঃ** সাধারণভাবে দেখা যায় যে, সমশক্তি সম্পন্ন অরবিটালসমূহ ঠিক অর্ধপূর্ণ হলে বা সম্পূর্ণরূপে দখলীকৃত হলে সে ইলেকট্রন বিন্যাস অধিকতর সুস্থিতি অর্জন করে। অর্থাৎ $np^3$, $np^6$, $nd^5$, $nd^{10}$, $nf^7$ এবং $nf^{14}$ বিন্যাস সবচেয়ে সুস্থিত হয়। অর্ধপূর্ণ ও সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ অরবিটালের প্রতিসমতার কারণে সুস্থিতি লাভ করে। এর ফলেই $d^4s^2$ এর পরিবর্তে $d^5s^1$ এবং $d^9s^2$ এর পরিবর্তে $d^{10}s^1$ বিন্যাস অধিকতর স্থায়ী। এ কারণে $_{24}Cr$ ও $_{29}Cu$ এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

$$_{24}Cr = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^5\ 4s^1}$$

$$_{29}Cu = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}\ 4s^1}$$

**(ঙ) (n+1)d ও nf অরবিটালের শক্তির ন্যূনতম পার্থক্য ঃ** উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলসমূহের ক্ষেত্রে nf ও (n + 1) d অরবিটালের শক্তির পার্থক্য খুব কম হয়। এ কারণে এদের ক্ষেত্রে সাধারণ আউফবাউ নিয়ম হতে বিচ্যুতি দেখা যায়। যেমন–

$$_{57}La = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^1\ 6s^2$$

(সাধারণ নিয়মে ইলেকট্রন বিন্যাস হওয়া উচিত ছিল– $4d^{10}\ 4f^1\ 5s^2\ 5p^6\ 6s^2$)

## ২.২১.১। মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস (পর্যায় সারণির বিভিন্ন পর্যায় অনুসারে)
### Electronic Configuration of Elements (In order of Periods in Periodic table)

মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে পর্যায় সারণির গভীর সম্পর্ক আছে। বিভিন্ন পরমাণুর ইলেকট্রনের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার সর্বাধিক মানের সাথে পর্যায় সারণির বিভিন্ন পর্যায়ের সম্পর্ক রয়েছে। মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস পরবর্তী পৃষ্ঠায় সারণি ২.৬–এ আলাদাভাবে দেখানো হয়েছে।

**প্রথম পর্যায়ের** হাইড্রোজেনের ইলেকট্রনটি অবশ্যই 1s অরবিটালে যাবে; সুতরাং হাইড্রোজেন পরমাণুর (H–এর) ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^1$, পরবর্তী মৌল হিলিয়ামে দুটি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং হিলিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$, পর্যায় সারণির প্রথম পর্যায়ে এ **দুটি মৌল আছে।**

**দ্বিতীয় পর্যায়ের প্রথম** মৌল লিথিয়ামের ইলেকট্রন সংখ্যা ৩। প্রথম দুটি ইলেকট্রন 1s অরবিটালে ও তৃতীয়টি 2s অরবিটালে যাবে। লিথিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস হবে $Li\ (3) = 1s^2\ 2s^1$। অনুরূপভাবে বেরিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস $Be\ (4) = 1s^2\ 2s^2$। 2s অরবিটাল পূর্ণ হওয়ার পরে বোরন ($_5B = 1s^2\ 2s^2\ 2p^1$) থেকে ইলেকট্রনগুলো 2p অরবিটালে যাবে এবং নিয়নে ($_{10}Ne = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$) তা পূর্ণ হবে। পর্যায় সারণির দ্বিতীয় পর্যায়ে এ **আটটি মৌল আছে।**

http://pdfcorner.com

**তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম** মৌল সোডিয়ামে ১১টি ইলেকট্রন আছে। ফলে সে পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন 3s অরবিটালে যাবে Na (11) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ এবং পর্যায় সারণির তৃতীয় পর্যায়ের ম্যাগনেসিয়ামে 3s পূর্ণ করে অ্যালুমিনিয়াম হতে ইলেকট্রনগুলো 3p অরবিটালে যাবে এবং আরগনে Ar(18) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ এর 3p অরবিটাল সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ হবে। পর্যায় সারণির তৃতীয় পর্যায়ে ৮টি মৌলসহ এখানেই সমাপ্তি।

**চতুর্থ পর্যায়ের প্রথম** মৌল পটাসিয়াম; এর ১৯টি ইলেকট্রন থাকায় সর্বশেষ ইলেকট্রনটি 4s অরবিটালে যাবে K (19) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$ এবং পরবর্তী ক্যালসিয়ামে 4s অরবিটাল পূর্ণ হবে। তারপর ইলেকট্রনগুলো 3d অরবিটালে যাবে, কেননা 4p অপেক্ষা 3d এর শক্তি কম। Zn (30) এ 3d অরবিটাল পূর্ণ হবে। Zn (30) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$। পরবর্তী মৌল Ga (31) এ ইলেকট্রন 4p অরবিটালে যাবে এবং Kr (36) এ 4p অরবিটাল পূর্ণ হবে; সে সাথে চতুর্থ পর্যায় শেষ হবে। চতুর্থ পর্যায়ে ১৮টি মৌল আছে।

**পঞ্চম পর্যায়** আরম্ভ হয় রুবিডিয়াম, Rb (37) দিয়ে। তাতে একটি ইলেকট্রন 5s অরবিটালে যায় এবং স্টনসিয়াম, Sr (38) দিয়ে 5s পূর্ণ করার পর পরবর্তী মৌলগুলোতে ইলেকট্রনগুলো 4d পূর্ণ করবে এবং তারপর 5p-তে যাবে। 54 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট Xe এ 5p সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ হবে Xe (54) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6$ এবং সে সাথে পঞ্চম পর্যায় শেষ হবে।

একটি s, পাঁচটি d ও তিনটি p অরবিটালে নতুন ইলেকট্রনগুলো যাওয়ায় পঞ্চম পর্যায়ে সর্বমোট (২ + ১০ + ৬) = ১৮টি মৌল আছে। উল্লেখযোগ্য যে, চতুর্থ পর্যায়েও এভাবে ১৮টি মৌল আছে।

**ষষ্ঠ পর্যায় আরম্ভ** হয় সিজিয়াম Cs (55) দিয়ে; তখন এক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন 6s অরবিটালে প্রবেশ করে। Cs (55) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6\ 6s^1$। পরবর্তী মৌল Ba-এ 6s অরবিটাল পূর্ণ হওয়ার পর অরবিটালসমূহের শক্তিক্রম অনুসারী ইলেকট্রন 4f এ প্রবেশ করার কথা। কিন্তু এ সময় 5d অরবিটালের শক্তি ও 4f এর শক্তি প্রায় সমান হওয়ায় ল্যান্থানাম, La (57) এ সর্বশেষ ইলেকট্রনটি 5d অরবিটালে যায়; পরবর্তীতে অবশ্য আর 5d অরবিটালে ইলেকট্রন থাকে না, 4f অরবিটাল ক্রমান্বয়ে পরিপূর্ণ হতে থাকে এবং ইটারবিয়াম, Yb (70) এ তা পরিপূর্ণ হয়। লুটেসিয়াম, Lu (71) থেকে 5d অরবিটাল পূর্ণ হতে থাকে এবং থ্যালিয়াম, Tl (81) থেকে 6p অরবিটাল পূর্ণ হতে থাকে এবং রেডন, Rn (86) এ 6p অরবিটাল সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ হওয়ায় পর্যায় সারণির ষষ্ঠ পর্যায় শেষ হয়। এ ষষ্ঠ পর্যায়ে 6s, 4f, 5d ও 6p অরবিটালসমূহ পরিপূর্ণ হওয়ায় এতে সর্বমোট (২ + ১৪ + ১০ + ৬) = ৩২টি মৌল আছে।

**ষষ্ঠ পর্যায়ের মত সপ্তম পর্যায়েও** ৩২টি মৌল থাকার কথা। এর আরম্ভ Fr (87) দ্বারা। যখন সর্বশেষ ইলেকট্রনটি 7p অরবিটালে প্রবেশ করে; তখন 118 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস হওয়া উচিত। কিন্তু প্রকৃতিতে ইউরেনিয়াম অর্থাৎ 92 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট পর্যন্ত মৌল আছে। এ পর্যন্ত (21-01-2011) কৃত্রিমভাবে তৈরি ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত 112 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলটির নাম কোপারনিসিয়াম Cn (112) এবং এর পরবর্তী আরো কয়েকটি মৌল তৈরি করা সম্ভব হয়েছে। সুতরাং সপ্তম পর্যায় এখনও সম্পূর্ণ হয়নি। এক্ষেত্রেও 88 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট রেডিয়াম (Ra) মৌলে 7s পরিপূর্ণ হওয়ার পর ইলেকট্রন 5f এ যাওয়ার কথা; কিন্তু 89 পাঃ সংখ্যার অ্যাক্টিনিয়াম (Ac) মৌলে তা 6d-তে প্রবেশ করে। অনুরূপভাবে 90 পাঃ সংখ্যার থোরিয়াম (Th) মৌলে ও 6d-তে প্রবেশ করে। পরবর্তীতে অবশ্য ইলেকট্রন 6d-তে থাকে না, 5f-এ চলে যায়; তবে 6d ও 5f এর শক্তির তারতম্য খুব কম হওয়ায় মাঝে মাঝে কোন কোন মৌলে একটি ইলেকট্রন 6d-তে অবস্থান করে। নোবেলিয়াম, No (102)-এ 5f পরিপূর্ণ হওয়ার পর 103 নং মৌল লরেনসিয়াম (Lr) থেকে 6d অরবিটাল ক্রমান্বয়ে পূর্ণ হতে থাকে।



http://pdfcorner.com

## সারণি ২.৬ ঃ মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস

| পাঃ সংখ্যা ↑ | মৌল | 1s | 2s | 2p | 3s | 3p | 3d | 4s | 4p | 4d | 4f | 5s | 5p | 5d | 5f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| **2** | **He** | **2** | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Li | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Be | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | B | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 6 | C | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 7 | N | 2 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 8 | O | 2 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 9 | F | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | |
| **10** | **Ne** | **2** | **2** | **6** | | | | | | | | | | | |
| 11 | Na | 2 | 2 | 6 | 1 | | | | | | | | | | |
| 12 | Mg | 2 | 2 | 6 | 2 | | | | | | | | | | |
| 13 | Al | 2 | 2 | 6 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| 14 | Si | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | | | | | | | | | |
| 15 | P | 2 | 2 | 6 | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| 16 | S | 2 | 2 | 6 | 2 | 4 | | | | | | | | | |
| 17 | Cl | 2 | 2 | 6 | 2 | 5 | | | | | | | | | |
| **18** | **Ar** | **2** | **2** | **6** | **2** | **6** | | | | | | | | | |
| 19 | K | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | | 1 | | | | | | | |
| **20** | **Ca** | **2** | **2** | **6** | **2** | **6** | | 2 | | | | | | | |
| 21 | Sc | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 22. | Ti | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 2 | | | | | | | |
| 23 | V | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 3 | 2 | | | | | | | |
| 24 | Cr* | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 5 | 1* | | | | | | | |
| 25 | Mn | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 5 | 2 | | | | | | | |
| 26 | Fe | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 6 | 2 | | | | | | | |
| 27 | Co | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 7 | 2 | | | | | | | |
| 28 | Ni | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 8 | 2 | | | | | | | |
| 29 | Cu* | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 1* | | | | | | | |
| 30 | Zn | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | | | | | | | |
| 31 | Ga | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 1 | | | | | | |
| 32 | Ge | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 2 | | | | | | |
| 33 | As | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 3 | | | | | | |
| 34 | Se | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 4 | | | | | | |
| 35 | Br | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 5 | | | | | | |
| **36** | **Kr** | **2** | **2** | **6** | **2** | **6** | **10** | **2** | **6** | | | | | | |
| 37 | Rb | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | | | 1 | | | |
| 38 | Sr | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | | | 2 | | | |
| 39 | Y | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 1 | | 2 | | | |
| 40 | Zr | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 2 | | 2 | | | |
| 41 | Nb | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 4 | | 1 | | | |
| 42 | Mo | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 5 | | 1 | | | |
| 43 | Tc | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 5 | | 2 | | | |
| 44 | Ru | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 7 | | 1 | | | |
| 45 | Rh | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 8 | | 1 | | | |
| 46 | Pd | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | | | | |
| 47 | Ag | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 1 | | | |
| 48 | Cd | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | | | |
| 49 | In | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 1 | | |
| 50 | Sn | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 2 | | |
| 51 | Sb | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 3 | | |
| 52 | Te | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 4 | | |
| 53 | I | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 5 | | |
| **54** | **Xe** | **2** | **2** | **6** | **2** | **6** | **10** | **2** | **6** | **10** | | **2** | **6** | | |

http://pdfcorner.com

| পাঃ সংখ্যা | মৌল | K | L | M | 4s | 4p | 4d | 4f | 5s | 5p | 5d | 5f | 6s | 6p | 6d | 6f | 7s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55 | Cs | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | | | 1 | | | | |
| 56 | Ba | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 57 | La | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | 1 | | 2 | | | | |
| 58 | Ce | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 2 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 59 | Pr | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 3 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 60 | Nd | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 4 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 61 | Pm | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 5 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 62 | Sm | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 6 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 63 | Eu | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 7 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 64 | Gd | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 7 | 2 | 6 | 1 | | 2 | | | | |
| 65 | Tb | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 9 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 66 | Dy | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 10 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 67 | Ho | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 11 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 68 | Er | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 12 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 69 | Tm | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 13 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 70 | Yb | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | | | 2 | | | | |
| 71 | Lu | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 1 | | 2 | | | | |
| 72 | Hf | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 2 | | 2 | | | | |
| 73 | Ta | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 3 | | 2 | | | | |
| 74 | W | 2 | 4 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 4 | | 2 | | | | |
| 75 | Re | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 5 | | 2 | | | | |
| 76 | Os | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 6 | | 2 | | | | |
| 77 | Ir | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 7 | | 2 | | | | |
| 78 | Pt | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 9 | | 1 | | | | |
| 79 | Au | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 1 | | | | |
| 80 | Hg | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | | | | |
| 81 | Ti | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 1 | | | |
| 82 | Pb | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 2 | | | |
| 83 | Bi | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 3 | | | |
| 84 | Po | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 4 | | | |
| 85 | At | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 5 | | | |
| **86** | **Rn** | **2** | **8** | **18** | **2** | **6** | **10** | **14** | **2** | **6** | **10** | | **2** | **6** | | | |
| 87 | Fr | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | | | 1 |
| 88 | Ra | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | | | 2 |
| 89 | Ac | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 90 | Th | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | 2 | | 2 |
| 91 | Pa | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 2 | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 92 | U | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 3 | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 93 | Np | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 4 | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 94 | Pu | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 6 | 2 | 6 | | | 2 |
| 95 | Am | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 7 | 2 | 6 | | | 2 |
| 96 | Cm | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 7 | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 97 | Bk | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 8 | 2 | 6 | 1 | | 2 |
| 98 | Cf | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 10 | 2 | 6 | | | 2 |
| 99 | Es | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 11 | 2 | 6 | | | 2 |
| 100 | Fm | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 12 | 2 | 6 | | | 2 |
| 101 | Md | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 13 | 2 | 6 | | | 2 |
| 102 | No | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | | | 2 |
| 103 | Lr | 2 | 8 | 18 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 1 | | 2 |

http://pdfcorner.com

## ২.২২। পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ও মৌলের সক্রিয়তা ধর্ম
## Electronic Configuration & Reactivity of Elements

মৌলের রাসায়নিক ধর্ম ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল। যেমন কোন মৌল ধাতু কী অধাতু হবে; সোডিয়াম ধাতুর মত অথবা ক্লোরিন অধাতুর মত সক্রিয় হবে; নাকি হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গনের মত নিষ্ক্রিয় হবে; অথবা ক্ষারধাতুসমূহ বা হ্যালোজেনের মত সদৃশধর্মী হবে—এ সব কিছু নির্ভর করে মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর। যেমন পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস বা **যোজ্যতা স্তরে** ১, ২ বা ৩টি করে ইলেকট্রন থাকলে ঐ সব মৌল সাধারণত **ধাতু হয়** (তবে কিছু ব্যতিক্রম আছে)। অপরদিকে **যোজ্যতা স্তরে** ৪, ৫, ৬, ৭ বা ৮টি ইলেকট্রন থাকলে ঐ সব মৌল **অধাতু** হয়। উল্লেখ্য যোজ্যতা স্তরে ৮টি করে ইলেকট্রন যেমন $s^2p^6$ থাকলে ঐ ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক স্থায়ী হয়। তাই যে সব মৌলে $s^2p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস নেই, সে সব মৌল $s^2p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস লাভের জন্য ইলেকট্রন আদান–প্রদান করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়। ইলেকট্রন আদান–প্রদান কালে শক্তির বিনিময় ঘটে। সাধারণত ধাতুর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন ত্যাগকালে যে শক্তি ব্যয়িত হয়, তাকে **আয়নীকরণ শক্তি** এবং অধাতু কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণকালে যে শক্তির উদ্ভব হয়, তাকে **ইলেকট্রন আসক্তি** বলে। তবে উভয় প্রক্রিয়া ধাতুর ও অধাতুর উভয় ক্ষেত্রে কম বেশি হতে পারে। এ উভয় প্রকার শক্তি সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

### (১) আয়নীকরণ বিভব বা আয়নীকরণ শক্তি (Ionization potential)

**সংজ্ঞা ঃ গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের 1 মোল (mole) বিচ্ছিন্ন পরমাণুর প্রতিটির সর্বশেষ শক্তিস্তর থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে নিয়ে একে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন 1 মোল (mole) ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সেই মৌলের আয়নীকরণ বিভব বা আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়।**

প্রকৃতপক্ষে গ্যাসীয় অবস্থায় 1 মোল চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু থেকে 1 মোল একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে প্রথম আয়নীকরণ বিভব বলা হয়। আয়নীকরণ বিভবের একক হল $kJmol^{-1}$

$$Na\,(g) \longrightarrow Na^+\,(g) + e^- \qquad \Delta H_1 = +496\ kJmol^{-1}$$

$$Mg\,(g) \longrightarrow Mg^+\,(g) + e^- \qquad \Delta H_1 = +738\ kJmol^{-1}$$

গ্যাসীয় অবস্থায় একক চার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন থেকে দুই চার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব বলা হয়। অনুরূপভাবে তৃতীয়, চতুর্থ আয়নীকরণ বিভব সংজ্ঞায়িত করা যায় ঃ

$$Mg^+\,(g) \longrightarrow Mg^{2+}\,(g) + e^- \qquad \Delta H_2 = +1450\ kJmol^{-1}$$

উল্লেখ্য Mg এর ১ম আয়নীকরণ বিভব (738 kJ $mol^{-1}$) অপেক্ষা ২য় আয়নীকরণ বিভব (1450 kJ $mol^{-1}$) প্রায় দ্বিগুণ। এর কারণ হচ্ছে এই যে, চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু অপেক্ষা একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন হতে ইলেকট্রন অপসারণ করা অধিকতর কষ্টসাধ্য। এক্ষেত্রে চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণুতে সমসংখ্যক প্রোটন দ্বারা সমসংখ্যক ইলেকট্রন আকৃষ্ট থাকে; কিন্তু একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নে কক্ষপথে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের সংখ্যার চেয়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা একটি বেশি থাকে। ফলে অধিক সংখ্যক প্রোটন দ্বারা কম সংখ্যক ইলেকট্রন অধিকতর আকৃষ্ট থাকে। তাই ২য় আয়নীকরণ বিভব ১ম আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা প্রায় দ্বিগুণ হয়। যে কোন পরমাণুর জন্য **প্রথম আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব বেশি হয়, তা অপেক্ষা তৃতীয় আয়নীকরণ বিভব আরও বেশি হয়।** উদাহরণস্বরূপ কার্বনের ১ম, ২য়, ৩য় ও ৪র্থ আয়নীকরণ বিভব হচ্ছে যথাক্রমে 1086, 2352, 4714 এবং 6221 কিলোজুল/মোল ($kJmol^{-1}$)।

আবার যে সব পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাসের ন্যায়, সেগুলো থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করতে তুলনামূলকভাবে অধিক পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়। যেমন Na (ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$)-এর প্রথম আয়নীকরণ বিভব 496 $kJmol^{-1}$, অথচ দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব 4564 $kJmol^{-1}$, যা ১ম আয়নীকরণ বিভবের প্রায় দশগুণ। কেননা দ্বিতীয় ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাস Ne এর মত ইলেকট্রন বিন্যাস ($Na^+$) এর $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ হতে একটি ইলেকট্রন সরিয়ে নিয়ে ($Na^{2+}$) এর $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$ হয়।

আবার Mg ধাতু বা গ্রুপ IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুর ২য় আয়নীকরণ বিভব Na ধাতু বা গ্রুপ IA এর ক্ষার ধাতুর অপেক্ষা কম হয়। কারণ $Mg^+$ আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাস ($Mg^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত অধিক সুস্থিত নয়। তাই Mg এর ২য় আয়নীকরণ বিভব হল 1450 $kJmol^{-1}$ অপরদিকে Na এর ২য় আয়নীকরণ কালে এর

http://pdfcorner.com

সুস্থিত ইলেকট্রনবিন্যাস ভাঙতে হয়। তাই Na এর ২য় আয়নীকরণ বিভব হল 4564 $kJmol^{-1}$, যা Mg এর ২য় আয়নীকরণ বিভব থেকে অনেক বেশি।

$$_{11}Na^{+}\ (g)\ (1s^2\,2s^2\,2p^6) \rightarrow {}_{11}Na^{2+}\ (g)\ (1s^2\,2s^2\,2p^5) + e^-\quad \Delta H_2 = +\,4564\ kJ\ mol^{-1}$$

$$_{12}Mg^{+}\ (g)\ (1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1) \rightarrow {}_{12}Mg^{2+}\ (g)\ (1s^2\,2s^2\,2p^6) + e^-\quad \Delta H_2 = +\,1450\ kJ\ mol^{-1}$$

অনুরূপভাবে Be ($1s^2\,2s^2$) এর প্রথম ও দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব যথাক্রমে 900 ও 1757 $kJmol^{-1}$ হলেও এর তৃতীয় আয়নীকরণ বিভব 14845 $kJmol^{-1}$ হয়। কেননা সর্বশেষ ক্ষেত্রে $Be^{2+}$ (ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$) হতে $Be^{3+}$ (ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^1$) সৃষ্টি হয়।

**ধাতুর আয়নীকরণ শক্তির গুরুত্ব ঃ** (১) কম আয়নীকরণ শক্তি সম্পন্ন ধাতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় হয়। যেমন Na এর আয়নীকরণ শক্তি + 496 $kJmol^{-1}$ এবং Mg এর আয়নীকরণ শক্তি + 738 $kJmol^{-1}$, যা Na পরমাণুর চেয়ে বেশি। এজন্য Na ধাতু Mg ধাতুর তুলনায় অধিক সক্রিয়। (i) এর সাহায্যে ধাতুসমূহের সক্রিয়তার তুলনা করা যায়।

**(ক) মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব একটি পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ঃ** এ সম্বন্ধে ১৪নং অধ্যায়ের ১৪.৫ অনুচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

## ২। ইলেকট্রন আসক্তি (Electron Affinity)

**সংজ্ঞা ঃ গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের 1 মোল (mole) চার্জ নিরপেক্ষ বিচ্ছিন্ন পরমাণুর প্রত্যেকটির সাথে একটি করে মোট 1 মোল (mole) ইলেকট্রন পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে যুক্ত হয়ে 1 মোল একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত গ্যাসীয় আয়ন সৃষ্টি করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সেই মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়। ইলেকট্রন আসক্তির একক হল $kJmol^{-1}$।**

এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসীয় অবস্থায় 1 মোল চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু থেকে 1 মোল একক ঋণাত্মক চার্জ বিশিষ্ট আয়ন সৃষ্টি হয়।

$$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g) \qquad \Delta H_1 = -\,348\ kJmol^{-1}$$

$$Br(g) + e^- \rightarrow Br^-(g) \qquad \Delta H_1 = -\,324\ kJmol^{-1}$$

**অধাতুর ইলেকট্রন আসক্তির গুরুত্ব ঃ** যে অধাতুর ইলেকট্রন আসক্তি বেশি সেটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় হয়। যেমন Cl ও Br মৌলদ্বয়ের মধ্যে Cl এর ইলেকট্রন আসক্তি (– 348 $kJmol^{-1}$) এর মান Br এর ইলেকট্রন আসক্তি (– 324 $kJmol^{-1}$) এর মান অপেক্ষা বেশি। তাই Cl তুলনামূলকভাবে Br এর চেয়ে বেশি সক্রিয়।

**(ক) মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি একটি পর্যায়বৃত্ত ধর্ম।** এ সম্বন্ধে ১৪নং অধ্যায়ের ১৪·৬ অনুচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

## ২.২৩। মৌলের তেজস্ক্রিয়তা ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ
## Radioactivity & Radioactive Isotopes of Elements

মৌলসমূহের যে সব আইসোটোপ বিদ্যমান তাদের মধ্যে কিছু আইসোটোপ সুস্থিত (stable) এবং অন্য আইসোটোপগুলো অস্থিত (unstable)। অস্থিত আইসোটোপগুলো স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিভিন্ন ধরনের রশ্মি বিকিরণ করে অন্য মৌলের আইসোটোপে পরিণত হয়। এই ধর্মকে **তেজস্ক্রিয়তা** (Radioactivity) বলা হয়। এই ধরনের আইসোটোপগুলোকে **তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ** বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে এ সব পরমাণুর নিউক্লিয়াসে পরিবর্তন ঘটে।

**সংজ্ঞা ঃ কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিভিন্ন ধরনের রশ্মি বিকিরণ সহকারে নিউক্লিয়াসের পরিবর্তনকে তেজস্ক্রিয়তা বলা হয়। যে সব আইসোটোপ এই ধর্ম প্রদর্শন করে তাদেরকে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বলা হয়।**

যেমন, অক্সিজেনের তিনটি সুস্থিত আইসোটোপ যেমন $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$ আছে। এছাড়া বিজ্ঞানীরা $^{13}O$, $^{14}O$, $^{15}O$ ও $^{19}O$ আইসোটোপগুলো কৃত্রিম উপায়ে আবিষ্কার করেছেন। এই চারটি আইসোটোপই তেজস্ক্রিয় এবং বিভিন্ন ধরনের রশ্মি বিকিরণ করে এরা অন্য মৌলে পরিণত হয়। যেমন,

$^{14}O$ পজিট্রন বিকিরণ করে $^{14}N$ এ রূপান্তরিত হয় এবং $^{19}O$ বিটা রশ্মি বা ইলেকট্রন ত্যাগ করে $^{19}F$ এ রূপান্তরিত হয়।

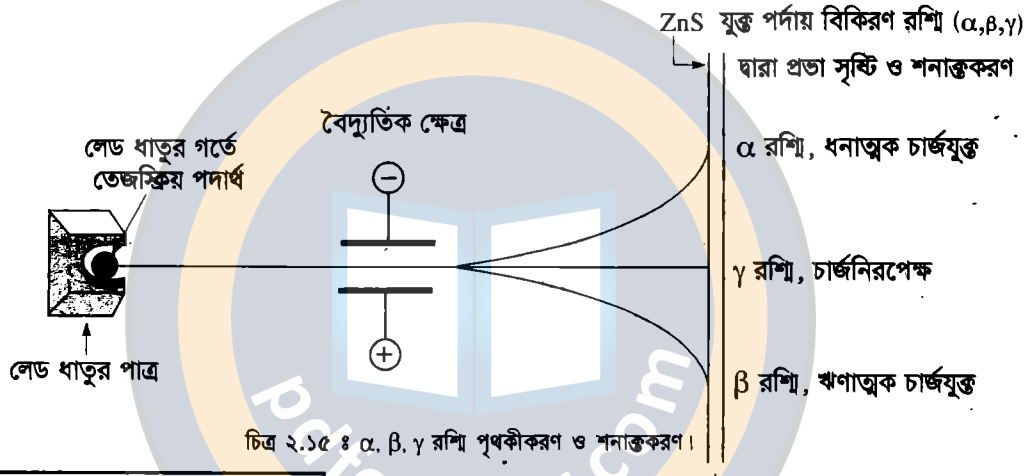
http://pdfcorner.com

$^{14}_{8}O$ (নিউক্লিয়াসে 8টি প্রোটন ও 6টি নিউট্রন) $\rightarrow$ $^{14}_{7}N$ (নিউক্লিয়াসে 7টি প্রোটন ও 7টি নিউট্রন) + $e^{+}$ (বা $^{0}_{+1}e$) (পজিট্রন)

$^{19}_{8}O$ (নিউক্লিয়াসে 8টি প্রোটন ও 11টি নিউট্রন) $\rightarrow$ $^{19}_{9}F$ (নিউক্লিয়াসে 9টি প্রোটন ও 10টি নিউট্রন) + $e^{-}$ (বা $^{0}_{-1}e$) (বিটা রশ্মি)

## ২.২৩.১। তেজস্ক্রিয় বিকিরণসমূহ ও তাদের ধর্ম
### Radioactive Radiations and Their Properties

একটি সরু ছিদ্রযুক্ত লেড বা সীসার পাত্রে রেডিয়াম রেখে দিলে তা থেকে নির্গত তেজস্ক্রিয় রশ্মি ছিদ্র দিয়ে সরলরেখায় বের হয়। এ রশ্মিকে চৌম্বক বা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত করলে তা তিনভাগে ভাগ হয়ে যায়। গতিপথের পরিবর্তন লক্ষ করে বোঝা যায় যে, এদের প্রথমাংশ ধনাত্মক চার্জযুক্ত, দ্বিতীয় অংশ ঋণাত্মক চার্জযুক্ত এবং তৃতীয় অংশ চার্জবিহীন বা চার্জনিরপেক্ষ। এদেরকে যথাক্রমে আলফা ($\alpha$), বিটা ($\beta$) ও গামা ($\gamma$) রশ্মি বলা হয়।




চিত্র ২.১৫ ঃ α, β, γ রশ্মি পৃথকীকরণ ও শনাক্তকরণ।

### (১) আলফা কণা বা আলফা রশ্মি

**(i) প্রকৃতি ঃ** বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বা চৌম্বক ক্ষেত্রে আলফা রশ্মির বেঁকে যাওয়ার দিক থেকে সহজেই বোঝা যায় যে, এটি ধনাত্মক আধানযুক্ত। বিভিন্ন পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয়েছে এটি প্রকৃতপক্ষে হিলিয়াম নিউক্লিয়াস। একে $^{4}_{2}He^{++}$ লেখা যায় অর্থাৎ $^{4}_{2}He$ পরমাণু থেকে দুটি ইলেকট্রন অপসারিত হয়েছে।

**(ii) বেগ ঃ** বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ থেকে নির্গত আলফা-কণার গতিবেগ $1 \times 10^{9}$cm $sec^{-1}$ হতে $2.5 \times 10^{9}$ cm $sec^{-1}$ পর্যন্ত দেখা যায়।

**(iii) বায়ুর আয়নীকরণ ঃ** বায়ুর মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় আলফা কণাসমূহ থেকে কিছু শক্তি পদার্থের অণুসমূহে স্থানান্তরিত হয় এবং অণুসমূহ আয়নিত হয়।

**(iv) ছেদন ক্ষমতা ঃ** আলফা কণার ছেদন ক্ষমতা খুব কম, কিন্তু পদার্থকে আয়নিত করার ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি।

### (২) বিটা রশ্মি বা বিটা কণা

**(i) প্রকৃতি ঃ** বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রে এদের বেঁকে যাওয়ার দিক থেকে বোঝা যায় যে, এরা ঋণাত্মক আধানযুক্ত। প্রমাণিত হয়েছে যে, এরা প্রকৃতপক্ষে তীব্র গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন।

**(ii) বেগ ঃ** এদের গতিবেগ সেকেন্ডে এক হাজার হতে দেড় লক্ষ মাইল পর্যন্ত হতে পারে।

**(iii) বায়ুর আয়নীকরণ ঃ** বিটা কণা কোন বায়ুর মধ্যদিয়ে চলার সময় এর অণুগুলোর সাথে সংঘর্ষের মাধ্যমে অণুসমূহকে আয়নিত করে।

**(iv) ছেদন ক্ষমতা ঃ** বিটা কণার ছেদন ক্ষমতা আলফা কণা হতে 1000 গুণ বেশি। এর আয়নীকরণ ক্ষমতা তুলনামূলকভাবে কম।

http://pdfcorner.com

**(৩) গামা রশ্মি**

**(i) প্রকৃতি ঃ** গামা রশ্মি সাধারণ অর্থে কোন কণিকা নয়, এটি সাধারণ আলোকের ন্যায় তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ। α-কণা বা β–কণা বিচ্ছুরণের পর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে শক্তির পুনর্বিন্যাসের ফলে γ-রশ্মির উদ্ভব ঘটে। এদের তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য খুবই কম, এমনকি রঞ্জন রশ্মি অপেক্ষাও কম হয়।

**(ii) বেগ ঃ** তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বলে এদের গতিবেগ সেকেন্ডে 186000 মাইল বা, $3 \times 10^8$ km।

**(iii) বায়ুর আয়নীকরণ ঃ** এরা প্রধানত পরোক্ষভাবে পদার্থকে আয়নিত করে। বহু দীর্ঘ পথে ঐ আয়নীকরণ সংঘটিত হয় বলে গামা রশ্মির আপেক্ষিক আয়নীকরণ ক্ষমতা খুব কম।

**(iv) ছেদন ক্ষমতা ঃ** গামা রশ্মির ছেদন ক্ষমতা α-কণার চেয়ে 10,000 গুণ বেশি। রঞ্জন রশ্মির ন্যায় তা বিভিন্ন পদার্থের মধ্য দিয়ে চলাচল করতে পারে।

**(v) জীবকোষের উপর ক্রিয়া ঃ** জীবন্ত কোষের ক্ষতিসাধন করে।

সারণি ২.৭ ঃ আলফা (α), বিটা (β) ও গামা (γ) রশ্মির তুলনা

| রশ্মি বা কণা | আপেক্ষিক চার্জ | আপেক্ষিক ভর | রশ্মি বা কণার প্রকৃতি | ছেদন ক্ষমতা |
|---|---|---|---|---|
| α-রশ্মি | +2 | 4 একক | দ্বিধনাত্মক চার্জযুক্ত ($He^{2+}$) | 1 গুণ হলে |
| β–রশ্মি | –1 | 0 | একক ঋণাত্মক ($e^-$) | 1,000 গুণ |
| γ-রশ্মি | 0 | 0 | বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ | 10,000 গুণ |

## ২.২৩.২। α, β ও γ রশ্মির বিকিরণে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন

**Change of Nucleus with Radiation of α, β & γ-rays**

**(১) α-কণা বিকিরণের ফলে,** তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের নিউক্লিয়াস থেকে দুটি প্রোটন ও দুটি নিউট্রন চলে যায়। ফলে সৃষ্ট নতুন মৌলের নিউক্লিয়াসের ভর 4 একক কমে এবং প্রোটন সংখ্যা 2 কমে যাওয়ায় ঐ মৌলের স্থান পর্যায় সারণিতে মাতৃমৌলের অবস্থান থেকে দুই ঘর বাম দিকে হয়। [ গ্রুপ স্থানান্তর নিয়ম ]।

**উদাহরণ ১।** রেডিয়াম–226 $\left({}^{226}_{88}Ra\right)$ পরমাণু থেকে α-কণা বিকিরণের ফলে রেডন–222 $\left({}^{222}_{86}Rn\right)$ পরমাণু উৎপন্ন হয়।

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He^{2+}$$

পর্যায় সারণিতে Ra এর স্থান হল ৭ম পর্যায়ের গ্রুপ IIA কিন্তু α-কণা বিকিরণের ফলে উৎপন্ন Rn এর স্থান দুই ঘর বামে ৬ষ্ঠ পর্যায়ের শূন্য (0) গ্রুপে হয়।

**উদাহরণ ২।** ইউরেনিয়াম–238 $\left({}^{238}_{92}U\right)$ পরমাণু থেকে α–কণা বিকিরণের ফলে থোরিয়াম–234 $\left({}^{234}_{90}Th\right)$ পরমাণু সৃষ্টি হয়।

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He^{2+}$$

উল্লেখ্য, এক্ষেত্রে ইউরেনিয়াম ও থোরিয়াম উভয়েই অ্যাকটিনাইড সিরিজে থাকায় এক্ষেত্রে উভয়েই III B তে থাকে।

**(২) β-কণা বিকিরণের ফলে,** তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের নিউক্লিয়াস থেকে একটি নিউট্রন ($^1_0n$) ভেঙে একটি প্রোটন উৎপন্ন হয়। ফলে সৃষ্ট নতুন মৌলের নিউক্লিয়াসে ভর সংখ্যা ঠিক থাকে; কিন্তু প্রোটন একটি বেশি হওয়ায় ঐ মৌলের স্থান পর্যায় সারণিতে মাতৃমৌলের অবস্থান থেকে এক ঘর ডান দিকে হয়। [ গ্রুপ স্থানান্তর নিয়ম ]।

**উদাহরণ ১।** অক্সিজেন–19 থেকে β কণা বিকিরণের ফলে ফ্লোরিন–19 পরমাণু উৎপন্ন হয়।

$$^{19}_{8}O \longrightarrow {}^{19}_{9}F + {}^{0}_{-1}e \ (\beta\text{-কণা})$$

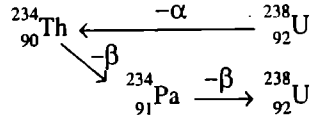
পর্যায় সারণিতে ২য় পর্যায়ের গ্রুপ VIA তে অক্সিজেনের অবস্থান। উৎপন্ন ফ্লোরিনের অবস্থান একঘর ডান দিকে গ্রুপ VIIA তে।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২।** থোরিয়াম–234 $\left({}^{234}_{90}\mathrm{Th}\right)$ পরমাণু থেকে β-কণা বিকিরণের ফলে প্রোটো অ্যাকটিনিয়াম–234 $\left({}^{234}_{91}\mathrm{Pa}\right)$ পরমাণু সৃষ্টি হয়। ${}^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ $[\because {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{p} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}]$

উল্লেখ্য, এক্ষেত্রে উভয় মৌল অ্যাক্টিনাইড সিরিজে থাকায় উভয়ের গ্রুপ III B হয়েছে।

অ্যাক্টিনাইড সিরিজে α ও β রশ্মি বিকিরণে রূপান্তর ঃ



(৩) **γ-রশ্মি বিকিরণের ফলে,** মৌলের নিউক্লিয়াসের কোন পরিবর্তন ঘটে না। কারণ γ-রশ্মি হল বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ। γ-রশ্মির কোন ভর বা চার্জ নেই।

## ২.২৪। নিউক্লীয় বিক্রিয়া
### Nuclear reaction

প্রকৃতিতে যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং ল্যাবরেটরিতে যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তাতে প্রতিটি মৌলের পরমাণু সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে; যদিও এক্ষেত্রে এক ধরনের পদার্থ থেকে অন্য ধরনের পদার্থ সৃষ্টি হয়। **রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটে; পরমাণুসমূহের নিউক্লিয়াসে কোন রকম পরিবর্তন সাধিত হয় না।** পরবর্তীকালে বিজ্ঞানিগণ **একটি নিউক্লিয়াসকে অন্য নিউক্লিয়াস বা মৌলিক কণা দ্বারা আঘাত করে অন্য ধরনের নিউক্লিয়াস তৈরি করেন, এই ধরনের বিক্রিয়াকে নিউক্লীয় বিক্রিয়া বলা হয়।** সর্বপ্রথম ১৯১৯ খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড আলফা কণা দ্বারা নাইট্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে আঘাত করে অক্সিজেন–17 ও প্রোটন উৎপন্ন করেন। সংঘটিত বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ,

$${}^{14}_{7}\mathrm{N} + \underset{\text{আলফা কণা}}{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} \longrightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + \underset{\text{প্রোটন}}{{}^{1}_{1}\mathrm{H}\ (\text{or p})}$$

উল্লেখ্য নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় প্রোটন, নিউট্রন, পজিট্রন ও ইলেকট্রনকে নিম্নরূপে লেখা হয় ঃ

$$\underset{\text{প্রোটন}}{{}^{1}_{1}\mathrm{H}} \longrightarrow \underset{\text{নিউট্রন}}{{}^{1}_{0}\mathrm{n}} + \underset{\text{পজিট্রন}}{{}^{0}_{+1}\mathrm{e}}; \qquad \underset{\text{নিউট্রন}}{{}^{1}_{0}\mathrm{n}} \longrightarrow \underset{\text{প্রোটন}}{{}^{1}_{1}\mathrm{H}} + \underset{\text{ইলেকট্রন}}{{}^{0}_{-1}\mathrm{e}}$$

**সংজ্ঞা ঃ কোন উচ্চ গতিসম্পন্ন কণা বা ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস (যেমন আলফা কণা) দ্বারা অপর কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে আঘাত করলে সংশ্লিষ্ট নিউক্লিয়াসের পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট পরমাণুর উদ্ভব ঘটে, তাকে নিউক্লীয় বিক্রিয়া বলা হয়।** নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন হলেও সর্বমোট প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। উদাহরণস্বরূপ ঃ

$${}^{14}_{7}\mathrm{N} + \underset{\text{আলফা কণা}}{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} \longrightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + \underset{\text{প্রোটন}}{{}^{1}_{1}\mathrm{H}}$$

উপরিউক্ত বিক্রিয়ায় প্রথমে (সমীকরণের বাম দিকে) সর্বমোট 7 + 2 = 9টি প্রোটন আছে; বিক্রিয়ার শেষেও 1 + 8 = 9টি প্রোটন বিদ্যমান। বিক্রিয়ার পূর্বে 7 + 2 = 9টি নিউট্রন ছিল, বিক্রিয়ার শেষেও 0 + 9 = 9টি নিউট্রন বিদ্যমান। নিম্নে আরেকটি নিউক্লীয় বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হল। যেমন,

$${}^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{30}_{15}\mathrm{P} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে আলফা কণা দ্বারা আঘাত করে ফসফরাস–30 এবং নিউট্রন উৎপন্ন করা হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার প্রথমে (13 + 2) = 15টি প্রোটন ছিল, বিক্রিয়া শেষেও (15 + 0) = 15টি প্রোটন বিদ্যমান। বিক্রিয়ার পূর্বে (14 + 2) = 16টি নিউট্রন ছিল, বিক্রিয়া শেষে (15 + 1) = 16টি নিউট্রন বিদ্যমান।

**নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণে উভয়দিকে আধান সংখ্যা (বা প্রোটন সংখ্যা) ও ভর সংখ্যা সমান থাকে।**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২·৮ ঃ নিম্নোক্ত নিউক্লিয় বিক্রিয়ার সমীকরণগুলো পূরণ কর ঃ**

(ক) $^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He \longrightarrow ? + {}^{1}_{1}H$ [ব. বো. ২০০৬]

(খ) $^{12}_{6}C + ? \longrightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He$

(গ) $^{12}_{6}C + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{14}_{7}N + ?$

**সমাধান ঃ**

(ক) সমীকরণের বাম দিকে সর্বমোট প্রোটন হচ্ছে 8 + 2 = 10। সুতরাং ডানদিকেও তা হবে। যেহেতু একটি উৎপাদে প্রোটন সংখ্যা 1, সেহেতু অপর উৎপাদে প্রোটনের সংখ্যা হবে 10 – 1 = 9। অপর পারমাণবিক সংখ্যা 9 বিশিষ্ট মৌলের নাম হচ্ছে ফ্লোরিন এবং প্রতীক F।

অপরদিকে সমীকরণের বাম দিকে মোট ভর সংখ্যা 16 + 4 = 20। ডানদিকেও তা হবে। যেহেতু একটি উৎপাদের ভর সংখ্যা 1, অপরটির ভর সংখ্যা হবে 20 – 1 = 19। অতএব প্রশ্নবোধক স্থানে $^{19}_{9}F$ বসবে। অর্থাৎ পূর্ণ সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ ঃ $^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He \longrightarrow \boxed{^{19}_{9}F} + {}^{1}_{1}H$

(খ) এ সমীকরণের ডান দিকে সর্বমোট প্রোটন সংখ্যা 5 + 2 = 7। যেহেতু বাম দিকে একটি বিক্রিয়কের প্রোটন সংখ্যা 6, সুতরাং অপরটির প্রোটন সংখ্যা 7 – 6 = 1 অর্থাৎ এটি হাইড্রোজেন এবং প্রতীক H।

আবার ডান দিকে সর্বমোট ভর সংখ্যা 10 + 4 = 14। যেহেতু বাম দিকে একটি বিক্রিয়কের ভর সংখ্যা 12, সেহেতু অপরটির ভর সংখ্যা 14 – 12 = 2। অতএব প্রশ্নবোধক স্থানে $^{2}_{1}H$ বসবে। অর্থাৎ পূর্ণ সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ ঃ $^{12}_{6}C + \boxed{^{2}_{1}H} \longrightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He$.

(গ) এ সমীকরণের বাম দিকে সর্বমোট প্রোটন সংখ্যা 6 + 1 = 7; ডান দিকে একটি উৎপাদের প্রোটন সংখ্যা 7, অতএব অপর উৎপাদের প্রোটন বা আধান সংখ্যা 7 – 7 = 0। সুতরাং তা নিউট্রন (আধান সংখ্যা = 0, ভর সংখ্যা 1) বা গামা রশ্মি (আধান সংখ্যা = 0, ভর সংখ্যা = 0) হতে পারে।

যেহেতু বাম দিকে মোট ভর সংখ্যা 12 + 3 = 15 এবং ডান দিকে একটির ভর সংখ্যা 14, সেহেতু অপর উৎপাদের ভর সংখ্যা 1। অতএব তা নিউট্রন এবং প্রশ্নবোধক স্থানে $^{1}_{0}n$ বসবে। অর্থাৎ পূর্ণ সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ ঃ

$$^{12}_{6}C + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{14}_{7}N + \boxed{^{1}_{0}n}$$

## ২.২৪.১। নিউক্লীয় বিক্রিয়ার প্রয়োগ বা ব্যবহার

### Application of Nuclear Reactions

(১) নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিজ্ঞানিগণ অনেক **নতুন মৌল সৃষ্টি** করেছেন। যেমন, **প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌলসমূহের মধ্যে সর্বোচ্চ পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট মৌল হচ্ছে ইউরেনিয়াম, এর পারমাণবিক সংখ্যা 92 এবং পারমাণবিক ভর হল 238.03**। এর পরবর্তী সব মৌল নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্টি করা হয়েছে। (২) নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সাহায্যে বিভিন্ন মৌলের বহু **তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ** তৈরি করা যায়। এ সব তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির সকল শাখায় বিভিন্ন গবেষণায় ব্যবহৃত হচ্ছে। (৩) নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রচুর **শক্তি উৎপাদন** করা যায়। পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে পারমাণবিক চুল্লি থেকে যে প্রচুর পরিমাণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হয়, তাদের শক্তির উৎস হচ্ছে একটি বিশেষ ধরনের নিউক্লীয় বিক্রিয়া। (৪) নিউক্লীয় বিক্রিয়া হতে প্রাপ্ত **নিউক্লীয় শক্তি ধ্বংসাত্মক** কাজেও ব্যবহৃত হচ্ছে। হিরোশিমা ও নাগাসাকিতে নিক্ষিপ্ত এটম বোমাসহ সব ধরনের পারমাণবিক বোমার শক্তির উৎস নিউক্লীয় বিক্রিয়া।

## ২.২৪.২। নিউক্লীয় বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ

### Classification of Nuclear Reactions

নিউক্লীয় বিক্রিয়া বিভিন্ন ধরনের হয়। যেমন– (১) ট্রান্সম্যুটেশন, (২) স্ট্রিপিং ও পিক–আপ বিক্রিয়া, (৩) বিক্ষেপণ, (৪) স্প্যালেশন, (৫) ফিশান বা নিউক্লীয় বিভাজন, (৬) ফ্র্যাগমেন্টেশন ও (৭) ফিউশান বা নিউক্লীয় সংযোজন। আইসোটোপ তৈরির জন্য ট্রান্সম্যুটেশন এবং পারমাণবিক শক্তির জন্য ফিউশান ও ফিশান বিক্রিয়া বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়।

এখানে শুধুমাত্র গুরুত্বপূর্ণ তিন ধরনের বিক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচিত হবে। [আগ্রহী শিক্ষার্থীরা সরোজকান্তি সিংহ হাজারী রচিত "নিউক্লীয় রসায়ন" পুস্তকে এ ব্যাপারে বিস্তারিত বিবরণ পাবে।]



http://pdfcorner.com

**(১) ট্রান্সম্যুটেশন বিক্রিয়া ঃ** কোন মৌলের স্থায়ী নিউক্লিয়াসকে উচ্চ গতিশীল নিউট্রন, প্রোটন অথবা আল্‌ফা কণা দ্বারা আঘাত করে নতুন মৌলের নিউক্লিয়াসে পরিণত করাকে ট্রান্সম্যুটেশন বিক্রিয়া বলে। এক্ষেত্রে উৎপাদ নিউক্লিয়াস ও বিক্রিয়ক বা ট্রার্গেট নিউক্লিয়াসের মধ্যে ভর সংখ্যার পার্থক্য ৩ থেকে ৪ এককের বেশি হয় না। এ ধরনের বিক্রিয়া প্রধানত তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। যেমন–

$$^{45}_{21}Sc + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{45}_{20}Ca + ^{1}_{1}H$$

নিউট্রন — প্রোটন

$$^{58}_{28}Ni + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{58}_{29}Cu + ^{1}_{0}n$$

প্রোটন — নিউট্রন

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

আল্‌ফা কণা — নিউট্রন

**(২) শক্তি উৎপাদনের জন্য দুটি ভিন্ন ধরনের নিউক্লীয় বিক্রিয়া** ব্যবহৃত হয়। এরা হল– (i) নিউক্লীয় ফিউশান বা নিউক্লীয় সংযোজন ও (ii) নিউক্লীয় ফিশান বা নিউক্লীয় বিভাজন।

**(i) নিউক্লীয় ফিউশান (Fusion) ঃ** যে নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় দুটি ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত বড় নিউক্লিয়াসযুক্ত ভিন্ন মৌল তৈরি করে তাকে নিউক্লীয় ফিউশান বা **নিউক্লীয় সংযোজন** বিক্রিয়া বলে। নিউক্লীয় ফিউশানকে **থার্মোনিউক্লিয়ার বিক্রিয়াও** বলা হয়; কারণ অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রা যেমন $10^8$K তাপমাত্রায় ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসকে উত্তপ্ত করে এ বিক্রিয়া ঘটানো হয়। এ বিক্রিয়ায় বিপুল শক্তি নির্গত হয়। যেমন–

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \xrightarrow[10^8\ K]{\text{ফিউশান}} ^{3}_{2}He + \gamma + \text{বিপুল শক্তি}$$

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \xrightarrow[10^8\ K]{\text{ফিউশান}} ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{বিপুল শক্তি}$$

সূর্য ও অন্যান্য নক্ষত্রে শক্তির উৎস হচ্ছে নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া। হাইড্রোজেন বোমার ভিত্তি হচ্ছে এ ধরনের নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া।

**(ii) নিউক্লীয় ফিশান (Fission) ঃ** কোন মৌলের অতি বৃহৎ নিউক্লিয়াস যেমন $^{235}_{92}U$ ও $^{239}_{94}Pu$ ইত্যাদিকে উচ্চ গতিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা আঘাত করার ফলে দুটি প্রায় কাছাকাছি ভরবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসে বিভক্ত হয়ে দুটি ভিন্ন মৌল উৎপন্ন করলে তাকে **নিউক্লীয় ফিশান বা নিউক্লীয় বিভাজন** বিক্রিয়া বলা হয়। এ বিক্রিয়ায়ও বিপুল শক্তি নির্গত হয়। যেমন–

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n + \text{বিপুল তাপ শক্তি}$$

ইউরেনিয়াম — বেরিয়াম — ক্রিপ্টন

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{90}_{36}Kr + 2^{1}_{0}n + \text{বিপুল তাপ শক্তি}$$

এ সব নিউক্লীয় বিক্রিয়া হতে বিপুল পরিমাণ তাপ শক্তি নির্গত হয়; যা রাসায়নিক বিক্রিয়ার তুলনায় বহু লক্ষ গুণ বেশি। ফিশান বিক্রিয়ার উপর ভিত্তি করে এটম বোমা তৈরি হয়েছে। পারমাণবিক চুল্লিসমূহের শক্তির উৎস হচ্ছে এই ফিশান বিক্রিয়া। ফিশান বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপ শক্তি থেকে পারমাণবিক চুল্লিতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা যায় (ফিউশান বিক্রিয়ায় ভরপ্রতি এর চেয়েও কয়েক গুণ বেশি শক্তি নির্গত হয়)।

http://pdfcorner.com

## ২.২৪.৩। নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান–এর মধ্যে পার্থক্য
**Differences between Nuclear fission and Nuclear fusion**

**সারণি ২.৮ ঃ নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশানের পার্থক্য**

| নিউক্লীয় ফিশান | নিউক্লীয় ফিউশান |
|---|---|
| ১। ফিশান বিক্রিয়ায় একটি অতি বৃহৎ নিউক্লিয়াস দুটি প্রায় কাছাকাছি ভরবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসে বিভক্ত হয়। | ১। ফিউশান বিক্রিয়ায় দুটি ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত বড় নিউক্লিয়াস গঠন করে। |
| ২। নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়া হল চেইন বা শিকল বিক্রিয়া, যা অনবরত চলতে থাকে। | ২। নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া চেইন বিক্রিয়া নয়। |
| ৩। বৃহৎ নিউক্লিয়াসকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করে বিক্রিয়ার সূচনা ঘটানো হয়। যেমন– $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n +$ শক্তি | ৩। অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় ($10^7 \sim 10^8$ K) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসকে উত্তপ্ত করে ফিউশান বিক্রিয়া ঘটানো হয়। যেমন– $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \xrightarrow[10^7 \sim 10^8\ K]{\text{অত্যধিক তাপ}} {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n +$ শক্তি |
| ৪। ফিশান বিক্রিয়ায় বিপুল তাপশক্তি নির্গত হয়। | ৪। ফিশান বিক্রিয়ার তুলনায় নিউক্লীয় ফিউশানে অনেক বেশি তাপশক্তি নির্গত হয়। |
| ৫। পারমাণবিক চুল্লিতে ফিশান বিক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা সম্ভব। | ৫। নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব হয়নি। |
| ৬। প্রচুর নিউক্লীয় বর্জ্য পদার্থ অবশেষ থাকে। | ৬। কোন নিউক্লীয় বর্জ্য পদার্থ অবশেষ থাকে না। |

## ২.২৪.৪। রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য
**Differences between Chemical reaction and Nuclear reaction**

**সারণি ২.৯ ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার পার্থক্য**

| রাসায়নিক বিক্রিয়া | নিউক্লীয় বিক্রিয়া |
|---|---|
| ১। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যোজ্যতা ইলেকট্রনসমূহের পরিবর্তন ঘটে। | ১। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটে। |
| ২। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নতুন মৌল সৃষ্টি হয় না; শুধু পরমাণুর স্থানান্তর ঘটে। $Zn\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \rightarrow ZnSO_4\,(aq) + H_2\,(g)$ | ২। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নতুন মৌল সৃষ্টি হয়। $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ |
| ৩। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির পরিবর্তনের পরিমাণ তুলনামূলক খুবই কম। | ৩। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিবর্তনের পরিমাণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার তুলনায় শত লক্ষ গুণ বেশি। |
| ৪। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে মৌলের প্রোটন সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে। | ৪। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় মৌলের প্রোটন সংখ্যা পরিবর্তিত হয়। |
| ৫। রাসায়নিক বিক্রিয়া কাচপাত্রে যেমন টেস্ট টিউবে ঘটানো যায়। | ৫। নিউক্লীয় বিক্রিয়া নিউক্লীয় চুল্লিতে নিয়ন্ত্রিতভাবে ঘটানো যায়। |

## ২.২৫। তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার
**Uses of Radioactive Isotopes**

বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির সব শাখায় তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের প্রচুর ব্যবহার রয়েছে। এখানে অতি সংক্ষেপে এ সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

**(১) সালোক–সংশ্লেষণের ক্রিয়াকৌশল নির্ধারণে ঃ** পৃথিবীতে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া হচ্ছে উদ্ভিদে সালোক–সংশ্লেষণ। এর উপরেই সম্পূর্ণ উদ্ভিদজগৎ ও প্রাণিজগৎ নির্ভরশীল। এটি একটি জটিল প্রক্রিয়া কিন্তু,

http://pdfcorner.com

তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করে এর ক্রিয়াকৌশল জানা গিয়েছে। এছাড়াও অসংখ্য রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল জানার জন্য তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করা হয়।

**(২) চিকিৎসাক্ষেত্রে ব্যবহার ঃ** চিকিৎসাক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের প্রধানত দু ধরনের ব্যবহার আছে। যেমন, (১) কোন রোগ বা রোগাক্রান্ত স্থান নির্ণয় ও (২) রোগ নিরাময়। উদাহরণস্বরূপ–

(i) শরীরের কোন স্থানে কোন ক্ষতিকর ক্যান্সার টিউমার–এর উপস্থিতি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ দ্বারা নির্ণয় করা যায়। অপরদিকে কোবাল্ট–60 ($^{60}Co$) আইসোটোপ থেকে নির্গত তীব্র গামা রশ্মি নিক্ষেপ করে দেহের সুস্থ কোষ–কলা ঠিক রেখে ক্যান্সার টিউমার কোষ–কলাকে ধ্বংস করা হয়।

(ii) থাইরয়েড গ্রন্থি বা গ্লেন্ড এর অস্বাভাবিক বৃদ্ধিজনিত রোগের চিকিৎসায় আয়োডিন–131 ($^{131}I$) ব্যবহৃত হয়। এ তেজস্ক্রিয় আয়োডিন আইসোটোপ থাইরয়েড গ্রন্থিতে অবস্থিত কোষ কলা বৃদ্ধি প্রতিহত করে।

(iii) শ্বেত–কণিকা অত্যধিক বৃদ্ধিজনিত রক্তাল্পতা (blood-leucaemia) রোগের চিকিৎসায় তেজস্ক্রিয় ফসফরাস-32 ($^{32}P$) এর ফসফেট ব্যবহৃত হয়।

**(৩) কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহার ঃ** তেজস্ক্রিয়তার সাহায্যে কৃষিক্ষেত্রে নতুন নতুন উন্নতমানের বীজও উদ্ভাবন করা হচ্ছে এবং এসব বীজের মাধ্যমে ফলনের মানের উন্নতি ও পরিমাণ বাড়ানো হয়েছে। এছাড়া জমিতে ব্যবহৃত ফসফেট সারে তেজস্ক্রিয় ফসফরাস–32 ($^{32}P$) প্রয়োগ করে একটি গাছ মাটি থেকে ঐ ফসফেট সার কী পরিমাণে গ্রহণ করে তা নির্ণয় করা যায়।

**(৪) খাদ্য সংরক্ষণে ঃ** বিভিন্ন কৃষিজাত ও অন্যান্য খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে আজকাল ব্যাপকভাবে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ থেকে নির্গত তেজস্ক্রিয়তা ব্যবহার করা হচ্ছে। খাদ্যদ্রব্য বেশিদিন ঘরে বা গুদামে রাখলে তা বিভিন্ন কারণে নষ্ট হয়। এসব খাদ্যদ্রব্যে তেজস্ক্রিয় বিকিরণ প্রয়োগ করলে তা পোকামাকড় বা জীবাণুর আক্রমণে সহজে নষ্ট হয় না। আলু–পিঁয়াজ–এর চারা গজানো এবং বিভিন্ন রকম ফল পাকা বা পচে যাওয়া বিলম্বিত হয়।

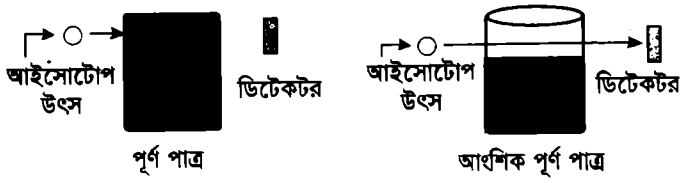
**(৫) কীটপতঙ্গ নিয়ন্ত্রণে ঃ** প্রতি বছর কীটপতঙ্গের আক্রমণে বহু ফসল নষ্ট হয়। কীটপতঙ্গ দমনে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করা যায়।

**(৬) শিল্পক্ষেত্রে ঃ** শিল্পে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার বহুবিধ। তন্মধ্যে কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ করা হল। যেমন–

**(i) ধাতুর পাতের পুরুত্ব পরিমাপ ঃ** ধাতুর পাতলা পাত উৎপাদনের সময় পাতের পুরুত্ব ঠিক আছে কিনা তা পরীক্ষার জন্য আইসোটোপ ব্যবহার করা হয়। তেজস্ক্রিয়তার পার্থক্য দেখা গেলে রোলার যন্ত্রে প্রয়োজনীয় নিয়ন্ত্রণ দ্বারা পাতের পুরুত্ব ঠিক করা হয়।

চিত্র ২.১৬ ঃ ধাতুর পাতের পুরুত্ব পরীক্ষা।

**(ii) বন্ধপাত্রে তরলের উচ্চতা পরিমাপ ঃ** শিল্প ক্ষেত্রে উৎপাদিত বহু তরল পদার্থ বা বস্তুকে টিন ভর্তি করে বাজারজাত করা হয়। এসব ক্ষেত্রে বন্ধপাত্রে তরল পদার্থের উচ্চতা মাপার জন্য তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করা যায়। তেজস্ক্রিয় পদার্থের নির্গত রশ্মি দ্বারা পাত্রের পূর্ণতা নিরূপণ করা হয়। বস্তু দ্বারা পাত্র পূর্ণ হলে ডিটেকটরে তেজস্ক্রিয়তা ধরা পড়বে না। কিন্তু পাত্র আংশিক পূর্ণ থাকলে ডিটেকটরে তেজস্ক্রিয় রশ্মি পৌঁছতে পারবে।




চিত্র ২.১৭ ঃ পাত্রের পূর্ণতা পরীক্ষা

**(iii) পাইপ–লাইনে ছিদ্র–অনুসন্ধান ঃ** তেল বা পানিবাহী পাইপের ছিদ্র অনুসন্ধানে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার করা হয়। পাইপে ছিদ্র থাকলে তেজস্ক্রিয় রশ্মি ছিদ্র পথে ডিটেকটরে শনাক্ত হয়।

http://pdfcorner.com

**(৭) বয়স নির্ধারণে রেডিও কার্বন আইসোটোপ ঃ** বিভিন্ন জীবাশ্ম বা ফসিল, মমি, উল্কাপিণ্ড হতে আরম্ভ করে পৃথিবীর বয়স তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের সাহায্যে নির্ধারণ করা যায়। উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের ধ্বংসাবশেষ বা জীবাশ্ম থেকে তেজস্ক্রিয় কার্বন (C–14)-এর তেজস্ক্রিয়তা মেপে এর বয়স নির্ধারণ করা সম্ভব। এ পদ্ধতিটিকে Carbon-14 dating বলা হয়।

উদ্ভিদ ও প্রাণী বায়ুমণ্ডল থেকে যে কার্বন গ্রহণ করে তাতে খুব অল্প পরিমাণে তেজস্ক্রিয় Carbon-14 আইসোটোপ থাকে। অর্থাৎ জীবিত উদ্ভিদ ও প্রাণিকোষে এ আইসোটোপ অবস্থান করে। তাই উদ্ভিদ ও প্রাণী মরে গেলে তাদের দেহে সঞ্চিত Carbon-14 এর তেজস্ক্রিয়তা ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। বিজ্ঞানীরা Carbon-14 এর অর্ধায়ু নির্ধারণ করেছেন। সে অর্ধায়ুকাল ($t_{\frac{1}{2}}$) হল 5568 বছর। তাই পরীক্ষাধীন উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের ধ্বংসাবশেষের তেজস্ক্রিয়তা ক্ষয়ের হার এবং পরিমাপের সময় কতটুকু তেজস্ক্রিয়তা অবশিষ্ট থাকল তা থেকে ঐ উদ্ভিদ ও প্রাণীর বয়স নির্ণয় করা সম্ভব হয়। যেমন,

কোন নমুনায় স্বাভাবিক $^{14}C$ এর পরিমাণের চতুর্থাংশ $\left(\frac{1}{4}\right)$ অবশিষ্ট রয়েছে; তাই ঐ নমুনার উদ্ভিদ বা প্রাণীর মৃত্যু ঘটেছিল $^{14}C$ এর অর্ধায়ুর দ্বিগুণ সময়কাল অর্থাৎ $5568 \times 2 = 11136$ বছর পূর্বে।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ ঃ** (১) প্রত্যেক পদার্থ পরমাণু নামক অসংখ্য অতি ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত। (২) পরমাণুগুলো অবিভাজ্য ও এদের ধ্বংস নেই। (৩) শুধু পরমাণুগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। এ মতবাদের অনেক সীমাবদ্ধতা সত্ত্বেও তা আধুনিক রসায়নের ভিত্তি প্রতিষ্ঠা করে; এ কারণে **ডালটনকে আধুনিক রসায়নের জনক** বলা হয়।

✪ **পরমাণুগুলোর ভর ঃ** পরমাণুগুলোর ভর অতি ক্ষুদ্র হওয়ায় অণু ও পরমাণুগুলোর ভর প্রকাশের জন্য একটি ক্ষুদ্র একক ব্যবহৃত হয়। এর নাম হচ্ছে **পারমাণবিক ভর** একক বা a.m.u.। একটি কার্বন–12 পরমাণুর ভরের 1/12 অংশকে এক পারমাণবিক ভর বা a.m.u. একক ধরা হয়। এটি $1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রামের সমান।

✪ **আইসোটোপ ঃ** একই মৌলের বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট পরমাণুগুলোকে পরস্পরের **আইসোটোপ** বলা হয়।

✪ **পরমাণুর মূল কণিকাসমূহ ঃ** পরমাণুসমূহকে বিভিন্নভাবে ভেঙে যে সব কণা আবিষ্কৃত হয়েছে, তাদেরকে মূল কণিকা বলা হয়। তিনটি মূল কণিকা গুরুত্বপূর্ণ ও স্থায়ী—নিউট্রন, প্রোটন ও ইলেক্ট্রন। **নিউট্রনের** কোন চার্জ নেই, এর ভর প্রায় ১ একক। **প্রোটনের** এক একক ধনাত্মক চার্জ বিদ্যমান, এর ভর প্রায় ১ একক। **ইলেকট্রনের** এক একক ঋণাত্মক চার্জ আছে, এর ভর প্রোটনের ভরের ১৮৩৭ ভাগের এক ভাগ।

✪ **পরমাণুর গঠন ঃ** নিউট্রন, প্রোটন ও ইলেকট্রন দ্বারা পরমাণুসমূহ গঠিত। কোন মৌলের **পারমাণবিক সংখ্যা** Z হলে সে মৌলের প্রতিটি পরমাণুতে Zটি প্রোটন ও Zটি ইলেকট্রন বিদ্যমান। যে আইসোটোপের ভরসংখ্যা A, তাতে (A – Z) টি নিউট্রন বিদ্যমান। নিউট্রন ও প্রোটনগুলো পরমাণুর কেন্দ্রে বা নিউক্লিয়াসে থাকে। ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের চারদিকে দ্রুতগতিতে পরিভ্রমণরত।

✪ **রাদারফোর্ডের আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা ঃ** রাদারফোর্ড সোনার পাতলা পাতের উপর আলফা কণা আপতিত করে দেখেন যে, প্রায় সব আলফা কণা এ পাতকে ভেদ করে সোজা চলে যায়। মাত্র কয়েকটি কণা বেঁকে যায়, কিছু কণা পিছন দিকে ফিরে আসে। এ থেকে তিনি সিদ্ধান্তে আসেন যে পরমাণুর মধ্যে একটি ভারী অংশ আছে, যা অতি ক্ষুদ্র স্থান দখল করে থাকে। তিনি এ অংশের নামকরণ করেন **নিউক্লিয়াস**।

✪ **রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল ঃ** এ মডেল অনুসারে পরমাণুতে দুটি প্রধান অংশ বিদ্যমান—**নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিয়াস বহির্ভূত ইলেকট্রনগুলো**। নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ইলেকট্রনগুলো প্রচণ্ড বেগে ঘূর্ণনরত, যেন বৈদ্যুতিক আকর্ষণজনিত কেন্দ্রমুখী বল এবং ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কেন্দ্রবহির্মুখী বল পরস্পরকে সমভার করে।

✪ **প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্ব ঃ** এ তত্ত্ব অনুযায়ী আলোকশক্তি নিরবচ্ছিন্ন নয়, পদার্থ থেকে শক্তি বিচ্ছিন্নভাবে নির্দিষ্ট একক পরিমাণে বিকরিত হয়। এ নির্দিষ্ট এককের নাম দেওয়া হয় **কোয়ান্টাম** এবং এর পরিমাণ বিকিরণের স্পন্দন সংখ্যার সমানুপাতিক; $E = h\upsilon$।

http://pdfcorner.com

✪ **বর্ণালী ঃ** কোন গ্যাস বা বাষ্পকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বা তার মধ্যদিয়ে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ চালনা করলে কিছু নির্দিষ্ট স্পন্দন সংখ্যাবিশিষ্ট আলোক তরঙ্গ নির্গত হয়। তন্মধ্যে কিছু তরঙ্গ অণু থেকে উৎপন্ন, একে আণবিক বর্ণালী বলা হয়; অপরদিকে কিছু বিকিরণ পরমাণু থেকে সৃষ্ট, একে **পারমাণবিক বর্ণালী** বলা হয়।

✪ **হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী ঃ** হাইড্রোজেন গ্যাসের ভেতরে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ চালনা করলে কিছু অণু ভেঙে পরমাণুর সৃষ্টি করে। এ পরমাণুগুলো থেকে বিকিরিত বর্ণালীকে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী বলা হয়। এ বর্ণালীতে বিভিন্ন সিরিজের লাইন আবিষ্কৃত হয়েছে, যা আবিষ্কারকদের নামানুসারে অভিহিত হয়।

✪ **পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বোরের মতবাদ ঃ** এ মতবাদের প্রধান স্বতঃসিদ্ধ হল ঃ (১) নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে কয়েকটি নির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘুরে। এ কক্ষপথসমূহকে **স্থির কক্ষপথ বা শক্তিস্তর** বলা হয়। (২) যখন কোন ইলেকট্রন এক কক্ষপথ হতে অন্য কক্ষপথে লাফিয়ে যায়, তখন নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি বিকিরিত বা শোষিত হয়।

✪ **বস্তুকণা ও তরঙ্গের সম্পর্ক ঃ** ব্রগলি-এর মতে বস্তুকণা ও তরঙ্গ পরস্পরের সাথে সম্পর্কিত। চলমান বস্তুর সাথে এক ধরনের তরঙ্গ জড়িত, যার তরঙ্গ–দৈর্ঘ্য $\lambda$ নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হয়।

$\lambda = \frac{h}{p}$, এখানে $p$ = ভরবেগ = $mv$ : এখানে $m$ = ভর, $v$ = গতিবেগ, $h$ = প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক।

✪ **কোয়ান্টাম সংখ্যাসমূহ ঃ** পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহকে বর্ণনা করার জন্য কিছু সংখ্যা ব্যবহৃত হয়, এদেরকে **কোয়ান্টাম সংখ্যা** বলা হয়। **চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা আছে, প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা, চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা ও ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা।**

✪ **পলির বর্জন নীতি ঃ** এ নীতি অনুযায়ী **"একটি পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রনের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান একইরূপ হতে পারে না; অন্তত একটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান ভিন্ন হতে হয়।"**

✪ **আউফবাউ নীতি ঃ** এ নীতিতে বলা হয়েছে, "পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন শক্তিস্তর দখলের সময়, সর্বপ্রথম সবচেয়ে কম শক্তিসম্পন্ন স্তরে অবস্থান গ্রহণ করবে, নিম্ন শক্তিস্তর **পূর্ণ হওয়ার পর পরবর্তী উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন স্তরে গমন করবে,** এভাবেই পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহের বিন্যাস তৈরি হয়।"

✪ **হুন্ডের সূত্র ঃ** একই শক্তিসম্পন্ন বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রনসমূহ এমনভাবে প্রবেশ করবে যেন তারা সর্বাধিক পরিমাণে অযুগ্ম অবস্থায় থাকতে পারে। এ **অযুগ্ম ইলেকট্রনসমূহের স্পিন একইমুখী হবে।**

✪ **আয়নীকরণ বিভব ঃ** গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু থেকে সবচেয়ে শিথিলভাবে যুক্ত এক মোল **ইলেকট্রনকে অসীম দূরত্বে সরিয়ে নিতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন, তাকে সে মৌলের আয়নীকরণ বিভব** বলা হয়।

✪ **ইলেকট্রন আসক্তি ঃ** অসীম দূরত্ব হতে 1 mole ইলেকট্রনকে কোন মৌলের 1 mole বিচ্ছিন্ন গ্যাসীয় পরমাণুতে যোগ করে 1 mole একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়।

✪ **তেজস্ক্রিয়তা ঃ** কোন কোন পরমাণু অস্থিত, এরা বিভিন্ন ধরনের রশ্মি বিকিরণ করে অন্য ধরনের পরমাণুতে পরিণত হয়। এ ধরনের পরমাণুগুলোকে **তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ** বলা হয় এবং এ ধর্মকে **তেজস্ক্রিয়তা** বলা হয়।

✪ **তেজস্ক্রিয় বিকিরণসমূহ ঃ** তিনটি গুরুত্বপূর্ণ তেজস্ক্রিয় বিকিরণ হচ্ছে **আলফা, বিটা ও গামা রশ্মি।** আলফা রশ্মি প্রকৃতপক্ষে ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট কণা। এটি হচ্ছে হিলিয়ামের নিউক্লিয়াস, যা অতি দ্রুতগতিসম্পন্ন। বিটা রশ্মি হচ্ছে অতি দ্রুতগতিসম্পন্ন ইলেকট্রন। গামা রশ্মি হচ্ছে তড়িৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ।

✪ **নিউক্লীয় বিক্রিয়া ঃ** একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে অন্য নিউক্লিয়াস বা মৌলিক কণা দ্বারা আঘাত করে, অন্য ধরনের পরমাণুর নিউক্লিয়াস তৈরি করার প্রক্রিয়াকে **নিউক্লীয় বিক্রিয়া** বলা হয়।

http://pdfcorner.com

# অনুশীলনী–২ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

## ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন
## বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। ডালটনের পারমাণবিক মতবাদ সংক্ষেপে লেখ। এর সীমাবদ্ধতাসমূহ উল্লেখ কর। [ঢা. বো. ২০০২]

২। (ক) পরমাণুর মূলকণিকা বলতে কী বুঝ? [সি. বো. ২০০১; ব. বো. ২০০২; কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৫]

(খ) তিনটি স্থায়ী মৌলিক কণিকার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। [রা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৬]

৩। পরমাণুতে যে নিউক্লিয়াস আছে, তা কোন্ বিজ্ঞানী কীভাবে প্রমাণ করেন তা বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০১]

৪। রাদারফোর্ডের আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা বা পরমাণুতে নিউক্লিয়াস আবিষ্কার পরীক্ষা বর্ণনা কর এবং তা হতে কী কী সিদ্ধান্ত করা হয়েছে? [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৭, ২০১০; দি. বো. ২০০৯]

৫। (ক) রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৫; য. বো. ২০০৬, ২০১১; ব. বো. ২০০৪]

(খ) রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৪; য. বো. ২০০৬]

৬। (ক) পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বোর মতবাদ–এর স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; ব. বো. ২০০৮, ২০১০]

(খ) বোর পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা কী কী? [চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০১০]

৭। (ক) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭]

(খ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? কোয়ান্টাম সংখ্যাগুলোর তাৎপর্য বর্ণনা কর।

(গ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যার সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০১১; দি. বো. ২০১১]

(ঘ) চুম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যার সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৬]

(ঙ) ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা বর্ণনা কর।

(চ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনের পূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন কেন ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০০৭, ২০১১; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০১০]

(ছ) একটি পরমাণুতে কোন ইলেকট্রনকে বর্ণনা করতে যে সব কোয়ান্টাম সংখ্যা ব্যবহৃত হয়, তাদের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [ঢা. বো. ২০০১]

৮। (ক) অরবিট ও অরবিটাল কী?

(খ) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্যগুলো লেখ। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১০; কু. বো. ২০০৭, ২০১১; চ. বো. ২০০৬, ২০০৯; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১০; ব. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১০]

৯। (ক) পলির বর্জন নীতি কী? এর সাহায্যে পরমাণুর L কক্ষে বা ২য় শক্তিস্তরে সর্বোচ্চ ইলেকট্রনের সংখ্যা নির্ণয় কর।

(খ) পলির বর্জন নীতি কী? এ নীতি অনুসারে 'd' উপস্তরে সর্বোচ্চ কয়টি ইলেকট্রন থাকতে পারে? [কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৬, ২০১১; ব. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

(গ) পলির বর্জন নীতি লেখ। এ নীতি অনুসারে f উপস্তরে সর্বোচ্চ কয়টি ইলেকট্রন থাকতে পারে? [দি. বো. ২০১০]

(ঘ) পলির বর্জন নীতি কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০০৯, ২০১০]

১০। আউফবাউ নীতি কী? এ নীতির আলোকে পরমাণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৬, ২০০৯; ব. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৬]

১১। (ক) মৌলের আয়নীকরণ বিভব কী? উদাহরণ দাও। [চ. বো. ২০০৬]

(খ) Mg বা মৃৎক্ষার ধাতুর ২য় আয়নীকরণ বিভব মান Na বা ক্ষার ধাতুর ২য় আয়নীকরণ বিভব মান অপেক্ষা কম কেন? [ঢা. বো. ২০০৪]

১২। কোন মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ও চ. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৭]

১৩। প্রকৃতিতে কোন মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের আপেক্ষিক পরিমাণ ও ভর হতে কীভাবে মৌলটির পারমাণবিক ভর বের করা যায়? প্রকৃতিতে ক্লোরিনের দুটি আইসোটোপের আপেক্ষিক পরিমাণ নিম্নরূপ ঃ $^{35}Cl$ – 75.53% ও $^{37}Cl$ – 24.47% ক্লোরিনের পারমাণবিক ভর বের কর।

১৪। (ক) তেজস্ক্রিয়তা ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৭]

(খ) তেজস্ক্রিয়তা কী? তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ৪টি ব্যবহার লেখ। [চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৮, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

(গ) রোগ নির্ণয় ও রোগের চিকিৎসায় ব্যবহৃত তিনটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের নাম ও ব্যবহার লেখ।

১৫। (ক) তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের $\alpha$, $\beta$, $\gamma$-রশ্মির বিকিরণের ফলে নিউক্লিয়াসের কী কী পরিবর্তন ঘটে, তা উদাহরণসহ লেখ।

(খ) তেজস্ক্রিয়তা কী? কোন তেজস্ক্রিয় মৌল $\alpha$-রশ্মি বিকিরণের ফলে যে পরিবর্তন হয় তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(গ) তেজস্ক্রিয়তা কী? কোন তেজস্ক্রিয় মৌল $\beta$ কণা বিকিরণের পর কী পরিবর্তন হয়? উদাহরণসহ দেখাও। [রা. বো. ২০১০]

১৬। **সংজ্ঞা ও সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ**

(১) পরমাণুর মূল কণিকা,

(২) পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ভরসংখ্যা,

(৩) আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর,

(৪) আইসোটোপ, [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; কু. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]

(৫) আইসোবার, [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; কু. বো. ২০০৮]

(৬) আইসোটোন, [কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৬, ২০১০]

(৭) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালী,

১৭। তেজস্ক্রিয়তা কী? তেজস্ক্রিয় বিকিরণ রশ্মিসমূহের ধর্ম বর্ণনা কর।

১৮। নিউক্লীয় বিক্রিয়া কী? রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাথে এর পার্থক্য কী? [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০০৯, ২০১০, ২০১১]

১৯। (ক) নিউক্লীয় ফিউশান বা নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। [ঢা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১]

(খ) নিউক্লীয় ফিশান বা নিউক্লীয় বিভাজন বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। [য. বো. ২০১১]

(গ) নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়ার মধ্যে ৪টি পার্থক্য লেখ। [ঢা. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০]

(ঘ) তেজস্ক্রিয়তা কী? নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়াটি উদাহরণসহ লেখ। [কু. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) পরমাণুর প্রকৃত ভর বলতে কী বোঝায়?
(খ) আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর বলতে কী বুঝ? পারমাণবিক ভর একক কী?
(গ) আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর পরমাণুর প্রকৃত ভর নয়;–ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) ১টি ইলেকট্রনের ভর $9{\cdot}11 \times 10^{-28}$ g হলে ১টি প্রোটন ও ১টি নিউট্রনের ভর তদের সম্পর্ক থেকে নির্ণয় কর।

২। ${}^{15}_{7}N$, ${}^{42}_{20}Ca$ এ দুটি পরমাণুতে তিনটি মৌলিক কণার সংখ্যা বের কর।

৩। (ক) আলোক কী? প্লাঙ্কের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।
(খ) হাইড্রোজেনের রেখা বর্ণালী কী?
(গ) আলোর বিভিন্ন অঞ্চলে হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট বর্ণালীর বিভিন্ন সিরিজের সাধারণ সমীকরণটি লেখ এবং তা থেকে বিভিন্ন সিরিজের পরিচয় দাও।

৪। (ক) চলমান বস্তুর কণা ধর্ম ও তরঙ্গ ধর্মের ডি–ব্রগলির সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।
(খ) r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বিভিন্ন বৃত্তাকার কক্ষপথের সাথে ইলেকট্রনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক স্থাপন কর।
(গ) বোর মডেল পরমাণুতে একটি বোর ইলেকট্রন চতুর্থ শক্তিস্তরে একটি পূর্ণ আবর্তন করতে কয়টি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি করবে তা বের কর। (উঃ চারটি)

৫। (ক) পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরে $l$ ও m হিসাব করে মোট অরবিটাল সংখ্যা দেখাও। এদের নাম কী? এদের ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা কত? [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৮, ২০১১; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; দি. বো. ২০১০]
(খ) পরমাণুর N শেলে $l$ ও m হিসাব করে অরবিটাল সংখ্যা ও ইলেকট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর। [ব. বো. ২০১০]

৬। (ক) দ্বিতীয় শক্তিস্তরে d–অরবিটাল থাকে না কেন; তা ব্যাখ্যা কর।
(খ) নিম্নের অরবিটালগুলোর মধ্যে কোন্ কোন্টি সম্ভব নয়, তা কারণসহ লেখ ঃ
(i) 1p, 2d, 3d, 4p, 5f [চ. বো. ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০১১]
(ii) 1p, 2s, 2d, 3f [ঢা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৮]
(iii) 1p, 2p, 2d, 3f, 4f, 6s. [চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০১১]

৭। (ক) হুন্ডের নিয়ম কী? এ নিয়ম মতে N বা P ও O বা S এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১১]
(খ) হুন্ডের নিয়ম কী? N ও S পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হুন্ডের নিয়ম মেনে চলে।—ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯]
(গ) হুন্ডের নিয়ম অনুসারে নিম্নোক্ত মৌলের ইলেকট্রনবিন্যাস বক্স পদ্ধতিতে দেখাও।
(i) Cl (17), K (19), V (23), Fe (26), Zn (30)
(ii) $Fe^{2+}$ (26), Cr (24)

৮। (ক) K (19) এর ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে না গিয়ে 4s অরবিটালে যায় কেন? [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯]
(খ) Cr এর ইলেকট্রন বিন্যাসে সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম হয় কেন? [কু. বো. ২০১০]
(গ) Cu এর ইলেকট্রন বিন্যাসে সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম হয় কেন?

৯। নিম্নলিখিত মৌলের পরমাণুসমূহের ও আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও।
(ক) Al (13), $Al^{3+}$ (13) [ঢা. বো. ২০০৯]



http://pdfcorner.com

(খ) P (15), $P^{3-}$ (15)
(গ) S (16), $S^{2-}$ (16) [চ. বো. ২০০৬, ২০০৯; কু. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০০৯]
(ঘ) Cl (17), $Cl^-$ (17) [ঢা. বো. ২০১০]
(ঙ) K (19), $K^+$ (19) [ঢা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬]
(চ) Ca (20), $Ca^{2+}$ (20) [চ. বো. ২০০৬]
(ছ) Sc (21) [ব. বো. ২০০৫]
(জ) Cr (24) [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮; চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১]
(ঝ) Fe (26), $Fe^{2+}$ (26), $Fe^{3+}$ (26) [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; ব. বো. ২০০৬, ২০০৭, ২০১১; সি. বো. ২০০৬, ২০১১]
(ঞ) Ni (28), $Ni^{2+}$ (28) [য. বো. ২০০৭]
(ট) Cu (29), $Cu^+$ (29), $Cu^{2+}$ (29) [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬, ২০০৭; দি. বো. ২০০৯]
(ঠ) Zn (30), $Zn^{2+}$ (30) [কু. বো. ২০০৫]
(ড) I (53), $I^-$ (53)

১০। (ক) s ও p অরবিটালের চিত্র অঙ্কন কর। [রা. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১]
(খ) p অরবিটালসমূহের চিত্র অঙ্কন কর। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৭]
(গ) $d_{xy}$ ও $d_{yz}$ অরবিটাল চিত্র অঙ্কন কর।

১১। (ক) তেজস্ক্রিয় মৌল β-রশ্মি বিকিরণের ফলে কী পরিবর্তন ঘটে তা উদাহরণসহ লেখ।
(খ) গ্রুপ স্থানান্তর নিয়ম কী? উদাহরণসহ লেখ।
(গ) ধাতুর পাতের পুরুত্ব নির্ধারণে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) বন্ধপাত্রে তরলের উচ্চতা পরিমাপ পরীক্ষায় তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।
(ঙ) Carbon-14 dating কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১২। নিম্নলিখিত নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণগুলো পূরণ কর ঃ

(১) $^{14}_{7}N + ? \rightarrow {}^{11}_{6}C + {}^{4}_{2}He$ [কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১০]
(২) $^{16}_{8}O + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{1}_{1}H$ [য. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৮]
(৩) $^{14}_{7}N + ? \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$
(৪) $^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow ? + {}^{4}_{2}He$ [সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮]
(৫) $^{27}_{}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{1}_{1}H$ [ঢা. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]
(৬) $^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{30}_{15}P + ?$ [সি. বো. ২০০৮]
(৭) $^{10}_{5}B + ? \rightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n$
(৮) $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + ?$ [কু. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮]
(৯) $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow ? + ?$ [চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০১০]
(১০) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n$ [চ. বো. ২০০৬, ২০০৯]
(১১) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + ? + ?$ [কু. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০১০]
(১২) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{92}_{36}Kr + ? + 3\,{}^{1}_{0}n$ [য. বো. ২০০৭]
(১৩) $^{234}_{90}Th$ থেকে α-রশ্মি বিকিরণ নিউক্লিয়ার বিক্রিয়াটির সমীকরণ লেখ। [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮]
(১৪) $^{208}_{82}Pb + {}^{70}_{30}Zn \rightarrow {}^{277}_{112}Cn + [?]$

http://pdfcorner.com

১৩। নিম্নের উক্তিগুলোর ব্যাখ্যা কর ঃ

(ক) কার্বনের পারমাণবিক সংখ্যা 6।
(খ) অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর 16।
(গ) নাইট্রোজেনের ভর সংখ্যা 14।
(ঘ) প্রোটন একটি নিউক্লিয়ন।
(ঙ) Sc (21) একটি d–ব্লক মৌল।
(চ) Br (35) একটি p–ব্লক মৌল।
(ছ) Sr (38) একটি s–ব্লক মৌল।

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। বিংশ শতাব্দীর শুরু থেকে রাদারফোর্ড, নীলস্ বোর, হেনরি মোসলে সমারফিল্ড, ডি. ব্রগলি প্রভৃতি বিজ্ঞানীরা পরমাণুর অভ্যন্তরীণ গঠন জানার জন্য বিভিন্ন পরীক্ষা–নিরীক্ষা করেন। আধুনিককালেও পরমাণুর উপর বিভিন্ন পরীক্ষা বিজ্ঞানীরা করে যাচ্ছেন। এসব পরীক্ষার ফলে পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস আবিষ্কার, পরমাণুর তিনটি মূল কণিকা আবিষ্কার ও পরমাণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস সম্বন্ধে অনেক তথ্য জানা সম্ভব হয়েছে।

(ক) পরমাণুর তিনটি মূল কণিকা কী? পরমাণুতে এদের অবস্থান কোথায়? ১
(খ) আলফা ($\alpha$-) কণা কী? এটির উৎস ও দুটি বৈশিষ্ট্য লেখ। ২
(গ) উদ্দীপক মতে, কোন বিজ্ঞানী পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস আবিষ্কার করেন? তাঁর পরীক্ষাটি চিত্রসহ বর্ণনা কর এবং সিদ্ধান্তসমূহ লেখ। ৩
(ঘ) উদ্দীপক মতে, পরমাণুর নিউক্লিয়ার মডেলটি কোন বিজ্ঞানী উপস্থাপন করেন? মডেলটির বর্ণনা দাও এবং চারটি সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। ৪

২। ১৯১১ খ্রিস্টাব্দে রাদারফোর্ড তাঁর $\alpha$-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার সিদ্ধান্তের উপর ভিত্তি করে সোলার সিস্টেম নিউক্লিয়ার পরমাণু মডেল উপস্থাপন করেন। পরে এ মডেলটির সীমাবদ্ধতারূপে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কক্ষপথের আকার, আকৃতি ও পরমাণুর বর্ণালী সৃষ্টির ব্যাখ্যার অভাব ধরা পড়ে। ১৮৮৫ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী বামার সূর্যের দৃশ্যমান আলোর অঞ্চলে হাইড্রোজেন বর্ণালী আবিষ্কার করেন এবং এর ব্যাখ্যায় একটি সমীকরণ দেন।

(ক) পারমাণবিক বর্ণালী কী? ১
(খ) ফোটন বলতে কী বুঝ? প্লাঙ্কের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। ২
(গ) উদ্দীপক মতে, রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলের ত্রুটিমুক্ত উন্নত সংস্করণ পরমাণু মডেলটির নাম কী? এ পরমাণু মডেলটির তিনটি স্বীকার্য চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপক মতে, বিজ্ঞানী প্রদত্ত হাইড্রোজেনের বর্ণালীর সমীকরণটি রিডবার্গ ধ্রুবকসহ লেখ। এ সমীকরণ থেকে সাধারণ সমীকরণটি লেখ, যা লাইমেন, প্যাশ্চেন, ব্রাকেট ও ফুন্ড সিরিজের ব্যাখ্যা দিতে পারে। বোর পরমাণু মডেলের দুটি সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। ৪

৩। বোর পরমাণু মডেলে ইলেকট্রনকে কণারূপে বর্ণনা করা হয়েছে। ১৯২৪ খ্রিস্টাব্দে ডি. ব্রগলি মত প্রকাশ করেন যে, আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কণা ও তরঙ্গ উভয় ধর্ম আছে। প্লাঙ্কের সমীকরণ মতে, একটি ফোটনের শক্তি, $E = h\upsilon$। আবার আইনস্টাইনের বস্তুকণার ভর ও শক্তির সমতুল্যতা অনুসারে, $E = mc^2$, এখানে 'm' হল বস্তুকণার ভর,, c = আলোর গতিবেগ, E = ফোটনের শক্তি। উভয় সম্পর্ক থেকে ডি. ব্রগলির সমীকরণটি প্রতিষ্ঠিত করা হয়। এরপর বিজ্ঞানী স্রডিঞ্জার বস্তুকণার তরঙ্গ ধর্মের ব্যাখ্যার জন্য তরঙ্গ গতীয় সমীকরণ উপস্থাপন করেন, যা থেকে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে সর্বাধিক ইলেকট্রন মেঘের অবস্থান বা অরবিটালের ধারণা মিলে; এটি পরমাণুর কোয়ান্টাম মডেলের অন্তর্ভুক্ত।

http://pdfcorner.com

(ক) ডি. ব্রগলির সমীকরণটি লেখ ও পদসমূহের পরিচয় দাও। ১

(খ) বোর পরমাণু মডেলের ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগের ধারণার সমীকরণটি লেখ ও পদসমূহের পরিচয় দাও। ২

(গ) উদ্দীপকের (i) ডি ব্রগলির মতে, ইলেকট্রনের তরঙ্গ ধর্ম ব্যাখ্যা কর। (ii) বোর পরমাণুর মডেল মতে, একটি বোর ইলেকট্রন তৃতীয় শক্তিস্তরে পূর্ণ আবর্তন করতে কয়টি পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি করবে তা কৌণিক ভরবেগের সমীকরণ ও ব্রগলির সমীকরণ ব্যবহার করে গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অরবিটাল কী? ১টি p অরবিটাল ও ১টি d অরবিটাল চিত্র অংকন কর। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n), সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা ($l$) ও চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (m) এর সম্পর্ক মতে ৩য় শক্তিস্তরে মোট উপশক্তিস্তর ও অরবিটাল সংখ্যা গণনা কর। ৪

৪। কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে পরমাণুতে ইলেকট্রনের সঠিক অবস্থান বর্ণনার জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা আছে। ইলেকট্রনসমূহ কীভাবে বিভিন্ন অরবিট ও অরবিটালে বিন্যস্ত থাকে তা ব্যাখ্যার জন্য তিনটি নীতি যেমন পলির বর্জন নীতি, আউফ বাউ নীতি ও হুন্ডের নীতি আছে।

(ক) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? ১

(খ) নিউক্লীয় বিক্রিয়া কী? নিচের বিক্রিয়া দুটির সমীকরণ পূর্ণ কর ঃ ২

(i) $^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow \boxed{?} + {}^{1}_{1}H$

(ii) $^{208}_{82}Pb + {}^{70}_{30}Zn \rightarrow {}^{277}_{112}Cn + \boxed{?}$

(গ) উদ্দীপক মতে, পরমাণুতে 2d অরবিটালের অস্তিত্ব সম্ভব কী? এর ব্যাখ্যা কর। K(19) এর সর্বশেষ ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে অবস্থান না নিয়ে 4s অরবিটালে অবস্থান নেয়; কোন নীতি অনুসারে তা ঘটে— ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অরবিট ও অরবিটাল বলতে কী বুঝ? অরবিট ও অরবিটালের পার্থক্যসমূহ লেখ। ৪

৫। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে; নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। এরূপ দুটি বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$ ... (1)

$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{27}_{12}Mg + {}^{1}_{1}H$ ... (2)

এ উদ্দীপকটি অনুধাবন করে নিচের সংশ্লিষ্ট প্রশ্নে তা প্রয়োগ ও ব্যাখ্যা করতে চেষ্টা কর।

(ক) জারণ সংখ্যা কী? ১

(খ) পারমাণবিক ভর একক (amu) কী? প্রকৃতিতে অক্সিজেনের $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$ এর পরিমাণ যথাক্রমে 99.76%, 0.037%, 0.204% হলে অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর গণনা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, (1) নং বিক্রিয়ার উভয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। লুইস প্রতীকের সাহায্যে বিক্রিয়াটি দেখাও। আয়ন–ইলেকট্রন অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) প্রদত্ত (1) ও (2) নং বিক্রিয়া দুটি কোন্ শ্রেণীভুক্ত তা লেখ। (ii) উভয় শ্রেণীর বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্যসমূহ উদ্দীপক থেকে পৃথক উদাহরণসহ লেখ। (iii) $^{234}_{90}Th$ থেকে $\alpha$-রশ্মি বিকিরণ নিউক্লীয়ার বিক্রিয়াটির সমীকরণ লেখ। ৪

৬। পরমাণুর কোয়ান্টাম মতবাদ অনুসারে, পরমাণুতে বিভিন্ন শক্তিস্তরের উপশক্তিস্তর ও বিভিন্ন অরবিটালে আউফবাউ নীতি, পলির বর্জন নীতি ও হুন্ডের নীতি অনুসারে ইলেকট্রন প্রবেশ করে। কোয়ান্টাম সংখ্যা n, $l$, m এর মান থেকে কোন ইলেকট্রনের সঠিক অবস্থান জানা যায়।

(ক) তেজস্ক্রিয়তা কী? ১

(খ) s-অরবিটাল ও p-অরবিটালসমূহের চিত্র অংকন কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, আউফবাউ নীতি কী? এ নীতির সত্যতা $(n + l)$ এর মান থেকে দুটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা পরমাণুর প্রধান শক্তিস্তরে উপশক্তি স্তরের সংখ্যা এবং চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা মোট অরবিটাল সংখ্যা গণনা করা সম্ভব; তা ব্যাখ্যা কর। ৪

http://pdfcorner.com

৭। মৌলের পরিচয় এর পারমাণবিক সংখ্যা। পারমাণবিক সংখ্যা থেকে আউফবাউ নীতি ও হুন্ডের নীতিভিত্তিক ইলেকট্রন বিন্যাস শেখানো হয়। পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ শক্তি স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসই পরমাণুর যোজ্যতা, সক্রিয়তা ও পর্যায় সারণিতে পর্যায়, গ্রুপ ও বিভিন্ন ব্লকে অবস্থান নির্ণয়ে সহায়ক।

(ক) আইসোটোন কী? ১

(খ) পারমাণবিক বর্ণালী কী? হাইড্রোজেন বর্ণালীর 'বামার সিরিজ' এর সমীকরণটি সংশ্লিষ্ট পদসমূহের পরিচয়সহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, (i) Fe(26), $Fe^{2+}$(26) এর ইলেকট্রন বিন্যাস এবং মৌলটির গ্রুপ ও পর্যায় সংখ্যা লেখ।
(ii) এ মৌলটি কোন্ শ্রেণীভুক্ত মৌল ঃ এ শ্রেণীর ৪টি বিশেষ ধর্ম আছে। তোমার জানা মতে এর একটি বিশেষ ধর্ম উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, মৌলের সক্রিয়তা ধর্ম ধাতুর আয়নীকরণ বিভব ও অধাতুর ইলেকট্রন আসক্তি দ্বারা মাত্রিকভাবে বোঝানো হয়। মৌলের পর্যায় ও গ্রুপভিত্তিক এ দুটি ধর্মের সংজ্ঞা, গ্রুপ IA ধাতুসমূহ ও গ্রুপ VIIA অধাতুসমূহের মধ্যে এদের ক্রম পরিবর্তনের ব্যাখ্যা এবং মৌলসমূহের সক্রিয়তার ক্রম লেখ। ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ: সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞানস্তর ও অনুধাবন স্তরের

১। অক্সিজেনের অন্যতম আইসোটোপ $^{17}O$-এ নিউট্রন সংখ্যা কয়টি?
(ক) 8 (খ) 9 (গ) 17 (ঘ) 7

২। কোন্ দুটি পরমাণু পরস্পরের আইসোবার?
(ক) $^{64}_{29}Cu$ , $^{64}_{30}Zn$ (খ) $^{35}_{17}Cl$ , $^{34}_{16}S$ (গ) $^{30}_{14}Si$ , $^{31}_{15}P$ (ঘ) $^{1}_{1}H$ , $^{2}_{1}H$

৩। কোন্ দুটি পরমাণু পরস্পরের আইসোটোন?
(ক) $^{30}_{14}Si$ , $^{32}_{16}S$ (খ) $^{31}_{15}P$ , $^{33}_{16}S$ (গ) $^{14}_{7}N$ , $^{16}_{8}O$ (ঘ) $^{1}_{1}H$ , $^{2}_{1}H$

৪। 3p অরবিটালের বেলায় n ও $l$-এর মান কোন্টি হবে?
(ক) $n = 3, l = 0$ (খ) $n = 3, l = 1$ (গ) $n = 2, l = 3$ (ঘ) $n = 3, l = 2$

৫। K এর ইলেকট্রন বিন্যাস কোন্টি হবে?
(ক) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1$ (খ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^0\ 4s^1$
(গ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ (ঘ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5\ 3d^0\ 4s^2$

৬। Cr পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস কোন্টি হবে?
(ক) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$ (খ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4\ 4s^2$
(গ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$ (ঘ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4\ 4s^1$

৭। Cu পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস কোন্টি হবে?
(ক) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^9\ 4s^2$ (খ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^1$
(গ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{11}$ (ঘ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{11}\ 4s^1$

৮। $Fe^{2+}$ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস কোন্টি হবে?
(ক) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$ (খ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$
(গ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4\ 4s^2$ (ঘ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^0$

http://pdfcorner.com

৯। একটি মৌলের পরমাণুর বহিঃস্তরের দুটি অরবিটালের ইলেকট্রন বিন্যাস হল..... $3d^{10}\ 4s^1$ হলে পর্যায় সারণিতে মৌলটির অবস্থান কোন্‌টি হবে?

(ক) ৪র্থ পর্যায় Gr–IB (খ) ৪র্থ পর্যায় Gr–IA (গ) ৪র্থ পর্যায় Gr–IIIB (ঘ) ৩য় পর্যায় Gr–IB

১০। একটি মৌলের পরমাণুর বহিঃস্তরের দুটি অরবিটালের ইলেকট্রন বিন্যাস হল ..... $3d^5 4s^1$; পর্যায় সারণিতে মৌলটির অবস্থান কোন্‌টি হবে?

(ক) ৪র্থ পর্যায় Gr-IB (খ) ৪র্থ পর্যায় Gr-IA (গ) ৪র্থ পর্যায় Gr–VIB (ঘ) ৩য় পর্যায় Gr–IB

১১। পারমাণবিক ব্যাস নিচের কোন্‌টির কাছাকাছি হয়—

(ক) $1 \times 10^{-10}$ cm (খ) $1 \times 10^{-13}$ cm (গ) $1 \times 10^{-8}$ cm (ঘ) $1 \times 10^{-5}$ cm

১২। ১টি ডিউটেরন কম্পোজিট কণাতে থাকে নিচের কোন্‌টি?

(ক) ১টি নিউট্রন, ১টি পজিট্রন (খ) ১টি নিউট্রন, ১টি প্রোটন

(গ) ১টি নিউট্রন, ২টি প্রোটন (ঘ) ১টি প্রোটন, ২টি নিউট্রন

১৩। বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিরণের সর্বাধিক তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিসর নিচের কোনটিতে?

(ক) uv-রশ্মি (খ) X-ray (গ) অবলোহিত রশ্মি (ঘ) রেডিও টেলিভিশন তরঙ্গ

১৪। হিলিয়াম পরমাণুর বর্ণালী নিচের কোন্‌টির সাথে সদৃশ হবে?

(ক) H (খ) $Li^+$ (গ) $He^+$ (ঘ) Na

১৫। উপশক্তিস্তরে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন ধারণ সূত্র কোন্‌টি?

(ক) $4l - 2$ (খ) $4l + 2$ (গ) $2l + 1$ (ঘ) $2n^2$

১৬। H-পরমাণুর ইলেকট্রন স্থানান্তরকালে কোন্ ক্ষেত্রে অধিকশক্তি শোষিত হয়?

(ক) $n = 1$ থেকে $n = 2$ (খ) $n = 2$ থেকে $n = 3$ (গ) $n = 3$ থেকে $n = 4$ (ঘ) $n = \alpha$ থেকে $n = 1$

১৭। H-পরমাণুর বেলায় নিচের কোন্ ইলেকট্রনিক লেভেল ১টি ফোটন শোষণ করতে পারে?

(ক) 3s (খ) 2p (গ) 2s (ঘ) 1s

১৮। সাধারণ অবস্থায় H পরমাণুর ব্যাসার্ধ হল 0.53 Å। একই অবস্থায় $Li^{3+}$ আয়নের (পাঃ সংখ্যা = 3) ব্যাসার্ধ কোন্‌টি হবে?

(ক) 0.53Å (খ) 1.06Å (গ) 0.17Å (ঘ) 1.53Å

১৯। নিচের ৪টি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের কোন্ সেটটি একটি d-ইলেকট্রনের জন্য সঠিক?

(ক) $4, 3, 2, +\frac{1}{2}$ (খ) 4, 2, 1, 0 (গ) $4, 3, -2, +\frac{1}{2}$ (ঘ) $4, 2, 1, -\frac{1}{2}$

২০। নিচের ৪টি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের কোন্ সেটটি অবাস্তব?

(ক) $3, 2, -2, +\frac{1}{2}$ (খ) $4, 0, 0, +\frac{1}{2}$ (গ) $3, 2, -3, +\frac{1}{2}$ (ঘ) $5, 3, 0, -\frac{1}{2}$

২১। H বর্ণালীর লাইমেন সিরিজের ১ম লাইটির তরঙ্গ সংখ্যা কোন্‌টি হবে? $R_H = 109{,}678\ cm^{-1}$

(ক) $82{,}259\ cm^{-1}$ (খ) $82{,}000\ cm^{-1}$ (গ) $97{,}492\ cm^{-1}$ (ঘ) $97{,}000\ cm^{-1}$

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (ক) ৩। (ক) ৪। (খ) ৫। (খ) ৬। (গ) ৭। (খ) ৮। (ক) ৯। (ক) ১০। (গ) ১১। (গ) ১২। (খ) ১৩। (ঘ) ১৪। (খ) ১৫। (খ) ১৬। (ক) ১৭। (ঘ) ১৮। (গ) ১৯। (ঘ) ২০। (গ) ২১। (ক)

http://pdfcorner.com

**খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion–MCQ) ঃ অনুধাবন, প্রয়োগ, দক্ষতা স্তরভিত্তিক ঃ**

১। পরমাণুর বিভিন্ন অরবিট বা প্রধান শক্তিস্তরে বিভিন্ন অরবিটাল s, p, d ইত্যাদি থাকে। এদেরকে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 'n' এর মানসহ লেখা হয়। যেমন—

(i) 2p (ii) 3s (iii) 2d

নিচের কোন্‌টি সঠিক অরবিটাল হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

২। তেজস্ক্রিয় মৌল β-রশ্মি বিকিরণের ফলে মৌলটির নিম্নরূপ পরিবর্তন ঘটবে বলে শিক্ষার্থী মত প্রকাশ করল—

(i) মৌলটির প্রোটন সংখ্যা হ্রাস পাবে, (ii) মৌলটির নিউট্রন সংখ্যা বাড়বে,

(iii) প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে নতুন মৌল সৃষ্টি হবে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii)

৩। তেজক্রিয় মৌল α–রশ্মি বিকিরণের ফলে মৌলটির নিম্নরূপ পরিবর্তন ঘটবে বলে শিক্ষার্থী মত প্রকাশ করে—

(i) প্রোটন সংখ্যা ও ভর সংখ্যা 2 একক হ্রাস পায়

(ii) তেজস্ক্রিয় মৌলটির নিউক্লিয়াসের ভর 4 একক ও প্রোটন সংখ্যা 2 কমে যায়, ফলে নতুন মৌল সৃষ্টি হয়

(iii) উৎপন্ন নতুন মৌলটি পর্যায় সারণিতে মাতৃমৌলের অবস্থান থেকে দুই ঘর ডানে যায়।

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। পটাসিয়াম K(19) পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস কোন্ নীতিটির অনুসারে 3d অরবিটালের পরিবর্তে 4s অরবিটালে 19তম ইলেকট্রনটি অবস্থান করে—

(i) পলির বর্জন নীতি (ii) আউফবাউ নীতি (iii) হুন্ডের নীতি

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) (ঘ) (i)

৫। Cr(24) ও Cu(29) মৌল দুটির ইলেকট্রন বিন্যাসে আউফবাউ নীতির বিচ্যুতি ঘটেছে। তার কারণ—

(i) পলির বর্জন নীতির প্রভাব, (ii) হুন্ডের নীতির করণে

(iii) অর্ধপূর্ণ ও পরিপূর্ণ অরবিটালের প্রতিসমতাজনিত সুস্থিতির কারণে

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (i) (ঘ) (iii)

৬। অধিক সক্রিয় মৌলের বেলায় প্রযোজ্য হল—

(i) ধাতুর ক্ষেত্রে কম আয়নীকরণ (ii) অধাতুর ক্ষেত্রে বেশি ইলেকট্রন আসক্তি,

(iii) ধাতু ও অধাতুর ক্ষেত্রে তড়িৎ ঋণাত্মকতা,

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৭। তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহৃত হয়—

(i) $^{60}Co$ ক্যান্সার টিউমার ধ্বংস করতে (ii) আয়োডিন–131 ব্লাড ক্যান্সারে

(iii) ফসফরাস–32 এর ফসফেট ব্যবহৃত হয় শ্বেতকণিকার অত্যধিক বৃদ্ধিরোধে

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৮। নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হল—

(i) চেইন বিক্রিয়া (ii) বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন সম্ভব (iii) নিউক্লীয় বর্জ্য থাকে।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৯। নিচের তিনটি নিউক্লীয় বিক্রিয়া দেয়া হল—

(i) $^{58}_{28}Ni + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{58}_{29}Ba + {}^{1}_{0}n$ (ii) $^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{25}_{11}Na + 6{}^{1}_{0}n$

(iii) $^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (iii)

১০। $\alpha$-কণা বিকিরণের ফলে—

(i) উৎপন্ন মৌলে মাতৃমৌল অপেক্ষা 2টি প্রোটন ও 4 ভর সংখ্যা কমে

(ii) উৎপন্ন মৌল পর্যায় সারণিতে 2 ঘর বামে যায়

(iii) উৎপন্ন মৌলের স্থান পর্যায় সারণিতে 2 ঘর ডানে হয়।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ক) ২। (খ) ৩। (খ) ৪। (গ) ৫। (ঘ) ৬। (খ) ৭। (গ) ৮। (গ) ৯। (খ) ১০। (ক)

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set-MCQ) ঃ উচ্চতর দক্ষতা স্তরভিত্তিক ঃ**

১। $^{27}_{13}Al$ পরমাণুকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে একটি প্রোটন মুক্ত হয়ে 'X' নামক নতুন মৌল উৎপন্ন হয়, এ নিউক্লীয়ার বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow \boxed{X} + {}^{1}_{1}H$

উপরোক্ত বিক্রিয়ার বিষয়বস্তু থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ

(১) 'X' চিহ্নিত আইসোটোপের প্রতীক কোনটি হবে?

(ক) $^{27}_{12}Mg$ (খ) $^{28}_{12}Mg$ (গ) $^{28}_{13}Al$ (ঘ) $^{29}_{13}Mg$

(২) 'X' চিহ্নিত মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস মতে এটি হবে—

(ক) ধাতু (খ) অধাতু (গ) অপধাতু (ঘ) নিষ্ক্রিয় গ্যাস

২। $^{235}_{92}U$ পরমাণুকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে X নামক একটি মৌল ও $^{141}_{56}Ba$ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow \boxed{X} + {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n$

উপরোক্ত সমীকরণ মতে নিচের (১) নং ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ

(১) X চিহ্নিত আইসোটোপ কী হবে?

(ক) $^{93}_{36}Kr$ (খ) $^{92}_{36}Kr$ (গ) $^{94}_{136}Kr$ (ঘ) $^{92}_{136}Kr$

(২) X চিহ্নিত মৌলটির যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হবে—

(ক) $4s^2\,4p^6$ (খ) $3s^2\,3p^6$ (গ) $3d^9\,4s^2 4p^6$ (ঘ) $3d^{10}\,4s^2 4p^6$

http://pdfcorner.com

৩। নিচে তিনটি সমীকরণ দেয়া হল—

(i) $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) +$ তাপশক্তি

(ii) ${}^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He +$ তাপশক্তি

(iii) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{93}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n +$ তাপশক্তি

রাসায়নিক পরিবর্তন ও নিউক্লীয় পরিবর্তন প্রতিটি ক্ষেত্রে তাপশক্তির পরিবর্তন ঘটে। উপরোক্ত সমীকরণ মতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) কোন্ সমীকরণটি নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়ার—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) (ঘ) (iii)

(২) কোন্ বিক্রিয়াটিতে সবচেয়ে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে?

(ক) (ii) ও (iii) (খ) (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (iii)

৪। কয়েকটি মৌলের আইসোটোপ যেমন ${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{18}_{8}O$, ${}^{27}_{17}Cl$, ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$ সহকারে নিচের ট্রায়াড বা ত্রয়ী সেট তৈরি করা হল। উপরের আইসোটোপ ভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) নিচের কোন্ ট্রায়াড আইসোটোন হবে—

(ক) ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$; (খ) ${}^{18}_{8}O$, ${}^{37}_{17}Cl$, ${}^{39}_{19}K$; (গ) ${}^{16}_{8}O$, ${}^{37}_{17}Cl$, ${}^{40}_{20}Ca$; (ঘ) ${}^{37}_{17}Cl$, ${}^{39}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$

(২) নিচের কোন্ ট্রায়াড আইসোটোন হবে—

(ক) ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$; (খ) ${}^{37}_{17}Cl$, ${}^{37}_{19}K$, ${}^{40}_{20}Ca$; (গ) ${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{18}_{8}O$; (ঘ) ${}^{18}_{8}O$, ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{39}_{19}K$

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ক, (২) ক; ২। (১) খ, (২) ক; ৩। (১) গ, (২) খ; ৪। (১) ঘ, (২) ক।

**গ–প্রস্তুতিমূলক জ্ঞানভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। মূল কণিকা কী?
২। আইসোটোপ, আইসোবার, আইসোটোন কী?
৩। পারমাণবিক ভর একক (amu) কী?
৪। পারমাণবিক বর্ণালী কী?
৫। হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা কী?
৬। অরবিট ও অরবিটাল কী?
৭। পলির বর্জন নীতি কী?
৮। হুন্ডের নিয়ম কী?
৯। আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তি কী?
১০। মৌলের তেজস্ক্রিয়তা, আলফা কণা কী?

**ঘ–প্রস্তুতিমূলক অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। পরমাণুর ভর ও আপেক্ষিক পারমাণবিক ভরের মধ্যে পার্থক্য কী?
২। হাইড্রোজেন বর্ণালীর বিভিন্ন সিরিজের সাধারণ সমীকরণ ও সিরিজসমূহের সম্পর্ক লেখ।
৩। চলমান বস্তুর কণা ধর্ম ও তরঙ্গ ধর্মের সমন্বয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।
৪। অরবিট ও অরবিটালের পার্থক্য লেখ।
৫। নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়ার পার্থক্য লেখ।
৬। রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার পার্থক্য লেখ।



http://pdfcorner.com

# ৩ পর্যায় সারণি
## PERIODIC TABLE

**বিষয়বস্তু ঃ**

- নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র;
- লুথার মেয়ার ও মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র;
- আধুনিক পর্যায় সারণি ও এর বৈশিষ্ট্য;
- পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি;
- ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ;
- পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের অবস্থান নির্ণয়।

## ৩.১। ভূমিকা
### Introduction

এ যাবৎ (২১-০১-২০১১ ইং পর্যন্ত) আবিষ্কৃত এবং রসায়নবিদদের আন্তর্জাতিক সংস্থা IUPAC কর্তৃক অনুমোদিত মৌলসমূহের সংখ্যা হল ১১২টি। প্রতিটি মৌলের ধর্ম সম্পর্কে পৃথক পৃথকভাবে শেখা দুরূহ ব্যাপার। তবে বেশ কিছু মৌলের ধর্ম প্রায় একই রকম; যেমন ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া এতই সাদৃশ্যপূর্ণ যে এদের যে কোন একটির রসায়ন জানা থাকলে অপর দুটি মৌলের রসায়ন সম্পর্কেও মোটামুটি জানা যায়। এরূপ আরো অনেক সাদৃশ্যপূর্ণ গ্রুপ আছে।

**পর্যায় সারণি ঃ প্রায় একই ধরনের ধর্মবিশিষ্ট মৌলসমূহকে একই শ্রেণীভুক্ত করে, আবিষ্কৃত সব মৌলকে স্থান দিয়ে মৌলসমূহের যে সারণি বর্তমানে প্রচলিত, তাকে মৌলের পর্যায় সারণি বলা হয়।** এই পর্যায় সারণি বহু বিজ্ঞানীর অক্লান্ত পরিশ্রমে ধীরে ধীরে গড়ে উঠেছে।

## ৩.২। পর্যায় সারণির প্রাথমিক ইতিহাস
### Early History of Periodic Table

রসায়ন শাস্ত্রের ভিত্তি প্রতিষ্ঠার সাথে সাথে বিজ্ঞানিগণ বিভিন্ন মৌলের মধ্যে বিভিন্ন সাদৃশ্য লক্ষ করেন এবং একই ধর্মবিশিষ্ট বিভিন্ন মৌলকে একই শ্রেণীভুক্ত করার চেষ্টা করেন। যেমন,

**(ক) ডোবেরিনায়ের ত্রয়ী সূত্র ঃ** ১৮২৯ খ্রিস্টাব্দে ডোবেরিনায়ের (J.W. Dobereiner) সর্বপ্রথম তাঁর ট্রায়াড বা **ত্রয়ীসূত্র** (Law of Triads) প্রদান করেন। এ সূত্র মতে, মৌলসমূহকে তিন তিনটি করে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় [তালিকা, ৩.১]। একই শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলসমূহের বিভিন্ন ধর্মের মধ্যে খুবই সাদৃশ্য থাকে। এ মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর হয় খুবই নিকটে অথবা তাদের মধ্যে দ্বিতীয় মৌলটির পারমাণবিক ভর ১ম ও ৩য় মৌল দুটির পারমাণবিক ভরের গড় হয়। এ ধরনের কয়েকটি গ্রুপের সদস্যদের নিচে দেখানো হল ঃ

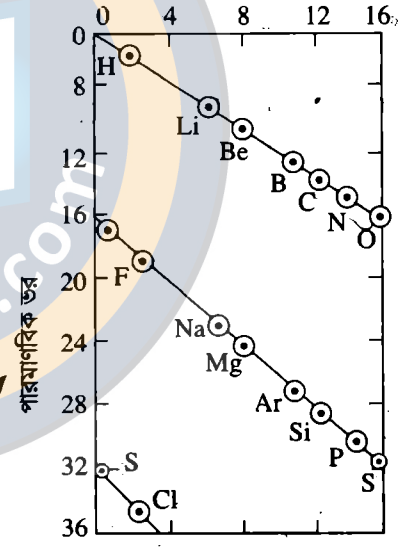
http://pdfcorner.com

**সারণি ৩·১ ঃ ডোবেরিনায়ের তিনটি ত্রয়ী**

| ক্রমিক | ট্রায়াড বা ত্রয়ী | পারমাণবিক ভর (বর্তমানে গৃহীত) | পারমাণবিক ভরের গড় |
|---|---|---|---|
| প্রথম ত্রয়ী | Li | 6·94 | (6·94 + 39·10)/2 |
| | Na | 23·00 | = 46·04/2 = 23·02 |
| | K | 39·10 | |
| দ্বিতীয় ত্রয়ী | Cl | 35·46 | (35·46 + 126·91)/2 |
| | Br | 79·92 | =162·37/2 = 81·16 |
| | I | 126·91 | |
| তৃতীয় ত্রয়ী | Fe | 55·85 | প্রায় একই রকম |
| | Co | 58·94 | পারমাণবিক ভর |
| | Ni | 58·71 | |

মাত্র কয়েকটি মৌলের ক্ষেত্রে ত্রয়ী সূত্রটি প্রযোজ্য হওয়ায় এ সূত্র বিশেষ ব্যবহৃত হয়নি। তাঁর এ প্রাথমিক প্রচেষ্টাকে আরও প্রসারিত করার জন্য অনেক বিজ্ঞানী চেষ্টা করেন; তবে সে সময় অনেক মৌল অজ্ঞাত থাকায় এবং জ্ঞাত মৌলসমূহের পারমাণবিক ভরে ভুল থাকায় অনেক প্রচেষ্টাই বিফল হয়।

**(খ) টেলুরিক স্ক্রু ঃ** ১৮৬২ খ্রিস্টাব্দে একজন ফরাসি বিজ্ঞানী ডি স্যাঁ কোর্টোয়া (De Chan Courtois) একটি খাড়া সিলিন্ডারে ঘুরানোভাবে সব মৌলকে এমনভাবে সাজান, যেন মৌলের অবস্থানগত উচ্চতা মৌলের পারমাণবিক ভরের সমানুপাতিক হয়। এতে দেখা যায় যে, একই ধরনের ধর্মবিশিষ্ট মৌলসমূহ পরস্পরের ঠিক উপর নিচে অবস্থান করে। মৌলসমূহের এ ধরনের বিন্যাসকরণ **টেলুরিক স্ক্রু** (Telluric Screw) নামে পরিচিত। সত্যিকার অর্থে পারমাণবিক ভরভিত্তিক এ বিন্যাস আধুনিক পর্যায় সারণির দিকে প্রথম পদক্ষেপ।




চিত্র ৩.১ ঃ টেলুরিক স্ক্রু।

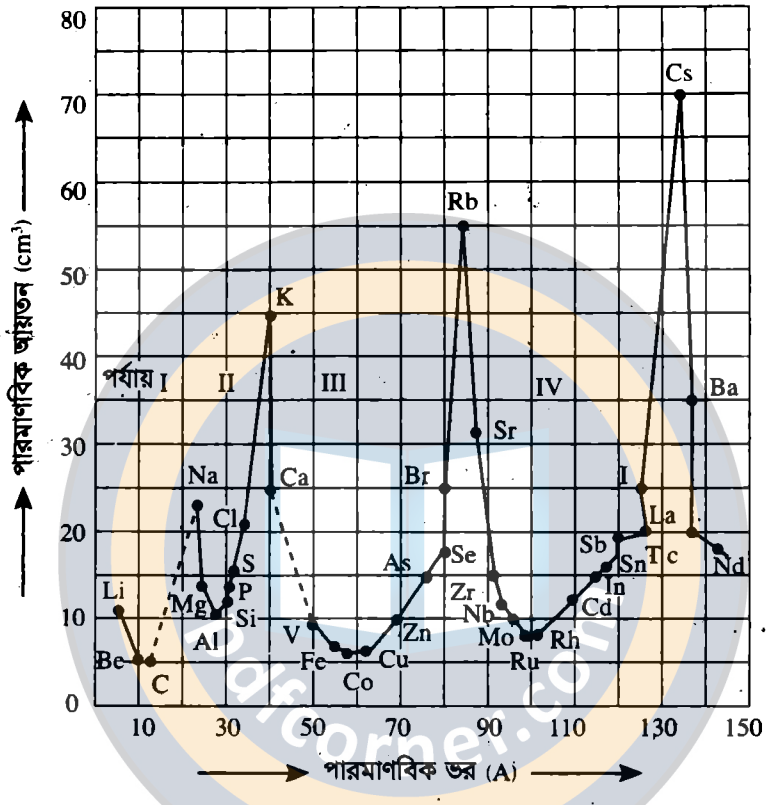
**(গ) নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র ঃ** ১৮৬৪ খ্রিস্টাব্দে জন নিউল্যান্ডস্ (John Newlands) তৎকালে জ্ঞাত সব মৌলকে ক্রমাগত উচ্চ পারমাণবিক ভর হিসেবে সাজিয়ে দেখেন যে, অষ্টম মৌলের গুণাবলি প্রথম মৌলের গুণাবলির সাথে প্রায় মিলে যায়। একইভাবে দ্বিতীয় মৌলের সাথে নবম মৌলের, তৃতীয় মৌলের সাথে দশম মৌলের পুরোপুরি সাদৃশ্য লক্ষ করা যায়। এ নিয়মকে নিউল্যান্ডের **অষ্টক সূত্র** (Law of Octaves) বলা হয়। এখানে উল্লেখযোগ্য যে, তখনও নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ আবিষ্কৃত হয়নি। এদের আবিষ্কারের পর এ সূত্র দেওয়া হলে দেখা যেত যে, প্রকৃতপক্ষে প্রথম মৌলের সাথে নবম মৌলের সাদৃশ্য আছে। যাহোক, এ সূত্র পর্যায় সূত্রের উন্নতির পথে যথেষ্ট অবদান রাখলেও সে সময় এটা সমাদৃত হয়নি। অবশ্য পরবর্তীকালে এর গুরুত্ব বোঝা যায় এবং সে কারণে ১৮৮৭ সালে রয়েল সোসাইটি তাঁকে এ কাজের জন্য ডেভি মেডেলে ভূষিত করেন। নিম্নে নিউল্যান্ডের কয়েকটি অষ্টকের উদাহরণ দেয়া হল ঃ

**সারণি ৩·২ ঃ নিউল্যান্ডের তিনটি অষ্টক**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১ম অষ্টক | H | Li | Be | B | C | N | O |
| ২য় অষ্টক | F | Na | Mg | Al | Si | P | S |
| ৩য় অষ্টক | Cl | K | Ca | Cr | Ti | Mn | Fe |

http://pdfcorner.com

**(ঘ) লুথার মেয়ার ও মেন্ডেলিফের অবদান ঃ** মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম যে পর্যায়বৃত্তভাবে পরিবর্তিত হয়, তা দু'জন বিজ্ঞানী সম্পূর্ণ স্বাধীনভাবে কাজ করে নিঃসন্দেহে প্রমাণ করেন। জার্মানির লুথার মেয়ার (Lother Meyer) মৌলসমূহের ভৌত ধর্মের উপর বিশেষ দৃষ্টি নিবন্ধ রাখেন; অপরদিকে রাশিয়ান বিজ্ঞানী ডিমিট্রি মেন্ডেলিফ (Dmitri Mendeleev) মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম সম্পর্কে বিশেষভাবে গবেষণা করেন। একথা অনস্বীকার্য যে,




চিত্র ৩.২ ঃ পারমাণবিক ভর বনাম পারমাণবিক আয়তনের লেখচিত্র।

পর্যায় সারণির উদ্ভাবনে লুথার মেয়ারের অবদানও প্রচুর। তবে সাধারণভাবে অনেক বেশি অবদানের জন্য **মেন্ডেলিফকেই পর্যায় সারণির জনক** হিসেবে চিহ্নিত করা হয়। লুথার মেয়ার তার উদ্ভাবিত মৌলসমূহের পারমাণবিক ভরের বিপরীতে পারমাণবিক আয়তনের লেখচিত্রের জন্যই বিশেষভাবে প্রসিদ্ধ। ৩.২ নং চিত্রে এ লেখচিত্রটির সংশোধিত রূপ দেখানো হয়েছে। এখানে পারমাণবিক সংখ্যার বিপরীতে পারমাণবিক আয়তন বসানো হয়েছে এবং বর্তমানে গৃহীত পারমাণবিক আয়তনের মান বসানো হয়েছে।

## ৩.৩। মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র ও প্রথম পর্যায় সারণি
## Mendeleev's Periodic Law & First Periodic Table

**মেন্ডেলিফের পর্যায় সূত্র ঃ** মেন্ডেলিফ নিম্নোক্ত পর্যায় সূত্র উপস্থাপন করেন ঃ

**"মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি তাদের পারমাণবিক ভর বৃদ্ধি অনুসারে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"**

**পর্যায় সারণি ঃ** ১৮৬৯ খ্রিস্টাব্দে মেন্ডেলিফ জ্ঞাত ৬৩টি মৌলের বিভিন্ন ধর্ম পর্যালোচনা করে মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ করে একটি সারণি প্রস্তুত করেন। এ সারণিতে সমধর্মী মৌলসমূহ এক একটি লম্ব সারিতে এবং ক্রম পরিবর্তনশীল ধর্মবিশিষ্ট মৌলসমূহকে কয়েকটি অনুভূমিক সারিতে সাজানো হয়। লম্বসারিগুলোকে **গ্রুপ বা শ্রেণী** এবং অনুভূমিক সারিগুলোকে **পিরিয়ড বা পর্যায়** নামে অভিহিত করা হয়। মৌলসমূহের ধর্মের সাদৃশ্য বজায় রেখে

http://pdfcorner.com

পারমাণবিক ভরভিত্তিক এ তালিকাকে **মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণি** বলা হয়। গঠনগত মূল কাঠামো ঠিক থাকলেও বর্তমানে প্রচলিত পর্যায় সারণিগুলোর সাথে এর মিল নগণ্য।

কিন্তু তিন বছর পরেই তিনি এ মৌলসমূহকে অন্যভাবে সাজান; ৩.৩ নং সারণিতে তা দেখানো হয়েছে। এ সারণিই প্রকৃতপক্ষে বর্তমানে গৃহীত পর্যায় সারণিসমূহের আদিরূপ।

**সারণি ৩.৩ ঃ মেন্ডেলিফের সংশোধিত পর্যায় সারণি (১৮৭২)।**

| Series | Group I<br>—<br>$R_2O$ | Group II<br>—<br>RO | Group III<br>—<br>$R_2O_3$ | Group IV<br>$RH_4$<br>$RO_2$ | Group V<br>$RH_3$<br>$R_2O_5$ | Group VI<br>$RH_2$<br>$RO_3$ | Group VII<br>RH<br>$R_2O_7$ | Group VIII<br>—<br>$RO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H = 1 | | | | | | | |
| 2 | Li = 7 | Be = 9.4 | B = 11 | C = 12 | N = 14 | O = 16 | F = 19 | |
| 3 | Na = 23 | Mg = 24 | Al = 27.4 | Si = 28 | P = 31 | S = 32 | Cl = 35.5 | |
| 4 | K = 39 | Ca = 40 | * = 44 | Ti = 48 | V = 51 | Cr = 52 | Mn = 55 | Fe = 54, Co = 59, Ni = 59 |
| 5 | (Cu = 63) | Zn = 65 | * = 69 | * = 72 | As = 75 | Se = 78 | Br = 80 | |
| 6 | Rb = 85 | Sr = 87 | Y = 88 | Zr = 90 | Nb = 94 | Mo = 96 | * = 100 | Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106 |
| 7 | (Ag =108) | Cd =112 | In = 113 | Sn = 118 | Sb=122 | Te = 125 | I = 127 | |
| 8 | Cs = 133 | Ba =137 | Dl =138 | Ce = 140 | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | Er = 178 | La = 180 | Ta = 182 | W = 184 | | Os = 195, Ir = 197, Pt = 198 |
| 11 | (Au = 199) | Hg = 200 | Tl = 204 | Pb = 207 | Bi = 208 | | | |
| 12 | | | | Th = 231 | | U = 240 | | |

পরবর্তীকালে পারমাণবিক সংখ্যা আবিষ্কারের পর এর গুরুত্ব বোঝা যায় এবং **প্রাথমিক সংশোধন হিসেবে মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণিতে পারমাণবিক ভরের পরিবর্তে পারমাণবিক সংখ্যা ভিত্তি হিসেবে গ্রহণ করা হয়।**

**আধুনিক পর্যায় সূত্র ঃ বিভিন্ন মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি তাদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধি অনুযায়ী পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।**

নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কারের পর নতুন একটি শ্রেণীতে তাদের স্থান দেয়া হয়। এরূপ একটি সংশোধিত পর্যায় সারণি ৩.২ নং সারণিতে দেখানো হল।

**সারণি ৩.৪ ঃ মেন্ডেলিফের পর্যায় তালিকা (পরিবর্তিত হ্রস্ব আকার)**

| পর্যায়↓ | গ্রুপ → | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | 0 (zero) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A B | A B | A B | A B | A B | A B | A B | | |
| I | পর্যায়↓ 1 | 1 H 1.008 | | | | | | 1 H 1.008 | | 2 He 4.00 |
| II | 2 | 3 Li 6.94 | 4 Be 9.01 | 5 B 10.81 | 6 C 12.01 | 7 N 14.00 | 8 O 15.99 | 9 F 18.99 | | 10 Ne 20.17 |
| III | 3 | 11 Na 22.98 | 12 Mg 24.30 | 13 Al 26.98 | 14 Si 28.08 | 15 P 30.97 | 16 S 32.06 | 17 Cl 35.45 | | 18 Ar 39.94 |
| IV | 4 | 19 K 39.09 | 20 Ca 40.08 | 21 Sc 44.95 | 22 Ti 47.90 | 23 V 50.94 | 24 Cr 51.99 | 25 Mn 54.93 | 26 27 28<br>Fe Co Ni<br>55.85 58.93 58.70 | |
| | 5 | 29 Cu 63.54 | 30 Zn 65.38 | 31 Ga 69.72 | 32 Ge 72.59 | 33 As 74.92 | 34 Se 78.96 | 35 Br 79.90 | | 36 Kr 83.80 |
| V | 6 | 37 Rb 85.46 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.91 | 40 Zr 91.22 | 41 Nb 92.90 | 42 Mo 95.94 | 43 Tc 99 | 44 45 46<br>Ru Rh Pd<br>101.07 102.91 106.4 | |
| | 7 | 47 Ag 107.86 | 48 Cd 112.41 | 49 In 114.82 | 50 Sn 118.69 | 51 Sb 121.76 | 52 Te 127.60 | 53 I 126.90 | | 54 Xe 131.30 |

http://pdfcorner.com

| পর্যায় ↓ | গ্রুপ → | I A | I B | II A | II B | III A | III B | IV A | IV B | V A | V B | VI A | VI B | VII A | VII B | VIII | | | 0 (zero) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VI | 8 | 55 Cs | | 56 Ba | | 57 *La | | 72 Hf | | 73 Ta | | 74 W | | 75 Re | | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | |
| | 9 | 132.90 | | 137.34 | | 138.90 | | 178.49 | | 180.94 | | 183.95 | | 186.32 | | 190.2 | 192.22 | 195.05 | |
| | | 79 Au | | 80 Hg | | 81 Tl | | 82 Pb | | 83 Bi | | 84 Po | | 85 At | | | | | 86 Rn |
| | | 196.96 | | 200.59 | | 204.37 | | 207.2 | | 208..98 | | 210 | | 210 | | | | | 222 |
| VII | 10 | 87 Fr | | 88 Ra | | 89 Ac** | | | | | | | | | | | | | |
| | | 223 | | 226.05 | | 227.02 | | | | | | | | | | | | | |

* ল্যান্থানাইড সিরিজ (Lanthanides)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 |
| Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
| 140.12 | 140.91 | 144.24 | 145 | 150.40 | 151.96 | 157.25 | 158.93 | 162.50 | 164.94 | 167.26 | 168.93 | 173.04 | 174.94 |

** অ্যাক্টিনাইড সিরিজ (Actinides)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 |
| Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
| 232.04 | 231.04 | 238.03 | 237.04 | (242) | (243) | (247) | (247) | (251) | (254) | (257) | (258) | (254) | (257) |

**পর্যায় সারণির গঠন-ঃ** পারমাণবিক সংখ্যাভিত্তিক হ্রস্ব আকারের পর্যায় সারণিতে **৭টি অনুভূমিক সারি** (horizontal row) এবং **৯টি লম্ব সারি** (vertical row) আছে [সারণি ৩.৪]। অনুভূমিক সারিগুলোকে **পর্যায়** বা **পিরিয়ড** (period) এবং লম্ব সারিগুলোকে **শ্রেণী** বা **গ্রুপ** (group) বলা হয়। শ্রেণীগুলোকে রোমান সংখ্যা I হতে VIII এবং 0 (শূন্য) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তাদের মধ্যে 0 (শূন্য) ও VIII ব্যতীত অন্য শ্রেণীগুলোর প্রত্যেকটিকে A ও B এ দুটি উপশ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে। প্রতিটি পর্যায়ে, IA, IB প্রভৃতি সব শ্রেণীতে একটি করে মৌল থাকলেও ব্যতিক্রম হিসেবে VIII শ্রেণীতে তিনটি করে মৌল আছে।

**পর্যায়গত বৈশিষ্ট্য ঃ**

**আধুনিক পর্যায় সারণিতে সর্বমোট সাতটি পর্যায় আছে।** প্রথম পর্যায়ে মাত্র দুটি মৌল হাইড্রোজেন H(1) ও হিলিয়াম He(2) আছে। তাই প্রথম পর্যায়কে **অতি ক্ষুদ্র পর্যায়** বলা হয়।

**দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে প্রত্যেকটিতে আটটি করে মৌল আছে।** অন্যান্য পর্যায়ে অনেক বেশি মৌল থাকে বলে এ দুটি পর্যায়কে **ক্ষুদ্র পর্যায়** (short period) বলা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে লিথিয়াম Li (3) থেকে নিয়ন Ne (10) পর্যন্ত ৮টি মৌল এবং তৃতীয় পর্যায়ে সোডিয়াম Na (11) থেকে আর্গন Ar(18) পর্যন্ত ৮টি মৌল আছে।

**চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে প্রত্যেকটিতে আঠারটি করে মৌল আছে** বলে এগুলোকে **দীর্ঘ পর্যায়** (long period) বলা হয়। চতুর্থ পর্যায়ে পটাসিয়াম K (19) থেকে ক্রিপটন Kr (36) পর্যন্ত ১৮টি মৌল এবং পঞ্চম পর্যায়ে রুবিডিয়াম Rb (37) থেকে জেনন Xe (54) পর্যন্ত ১৮টি মৌল অন্তর্ভুক্ত আছে।

**ষষ্ঠ পর্যায়ে ৩২টি মৌল আছে।** তাই একে **অতি দীর্ঘ পর্যায়** (very long period) বলা হয়। **সপ্তম পর্যায়টি অসম্পূর্ণ।** তবে বোঝা যায় যে, এতেও **৩২টি মৌল** থাকার কথা। **ষষ্ঠ** পর্যায়ে সিজিয়াম Cs (55) থেকে রেডন Rn (86) পর্যন্ত ৩২টি মৌল আছে। সপ্তম পর্যায় শুরু হয়েছে ফ্রান্সিয়াম Fr (87) থেকে এবং আজ পর্যন্ত আবিষ্কৃত ১০৯ নং মৌল মাইটনেরিয়াম Mt (109), ১১০ নং মৌল ডারমস্ট্যাডসিয়াম Ds (110), ১১১ নং মৌল রঞ্জেনিয়াম Rg(III) এবং সর্বশেষ আবিষ্কৃত ও IUPAC দ্বারা অনুমোদিত ১১২ নং কোপারনিসিয়াম Cn (112)। সুতরাং অসম্পূর্ণ সপ্তম পর্যায়ে অদ্যাবধি ২৬টি মৌল স্থান পেয়েছে।

**শ্রেণীগত বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) প্রতিটি পর্যায়ের প্রতিটি গ্রুপ বা শ্রেণীতে যেমন গ্রুপ IA, IIA, IIIB প্রভৃতিতে একটি করে মৌল থাকলেও গ্রুপ VIII এর প্রতিটি ঘরে তিনটি করে মৌল আছে; যেমন ৪র্থ পর্যায়ের গ্রুপ VIII-এর একটি ঘরে Fe (26), Co (27) ও

http://pdfcorner.com

Ni (28) এ তিনটি মৌল আছে। তদ্রূপ ৫ম পর্যায়ের গ্রুপ VIII এর মধ্যে Ru (44), Rh (45) ও Pd (46) এবং ৬ষ্ঠ পর্যায়ের গ্রুপ VIII এতে Os (76), Ir (77) ও Pt (78) ইত্যাদি মৌল আছে।

**(২) ল্যান্থানাইড সিরিজ ঃ** ৬ষ্ঠ পর্যায়ের গ্রুপ IIIB এর একটি ঘরে ল্যান্থানাম La (57) এর অনুরূপ ধর্মবিশিষ্ট পরবর্তী সেরিয়াম Ce (58) থেকে লুটেসিয়াম Lu (71) সহ মোট পনেরটি মৌলকে একত্রে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। স্থানাভাবে ১৫টি মৌলকে **ল্যান্থানয়ডস্** বা **ল্যান্থানাইড সিরিজ** নামে পর্যায় সারণির নিচে পৃথকভাবে দেখানো হয়েছে। এ পনেরটি মৌলের ধর্মে খুবই মিল রয়েছে।

**(৩) অ্যাক্টিনাইড সিরিজ ঃ** ৭ম পর্যায়ের গ্রুপ III B এর একটি ঘরে অ্যাক্টিনিয়াম Ac (89) এবং এর অনুরূপ ধর্মবিশিষ্ট পরবর্তী মৌল থোরিয়াম Th (90) থেকে লরেনসিয়াম Lr (103) সহ মোট পনেরটি মৌলকে একত্রে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। স্থানাভাবে ১৫টি মৌলকে **অ্যাক্টিনয়ডস্** বা **অ্যাক্টিনাইড সিরিজ** নামে পর্যায় সারণির নিচে পৃথকভাবে দেখানো হয়েছে। এ পনেরটি মৌলের ধর্মে খুবই মিল রয়েছে।

**মৌলসমূহের ধর্ম প্রধানত তারা কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত, তার উপর নির্ভরশীল।** অর্থাৎ বিভিন্ন পর্যায়ভুক্ত হলেও একই শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলসমূহের মধ্যে ধর্মের খুব সাদৃশ্য দেখা যায়। তবে যে কোন শ্রেণীতে A উপশ্রেণীর মৌলগুলোর সাথে B উপশ্রেণীর মৌলগুলোর কিছুটা সাদৃশ্য থাকলেও বৈসাদৃশ্য অনেক বেশি। এ কারণে পর্যায় সারণিতে গ্রুপ বা শ্রেণী বলতে I, II বোঝায় না, বরং IA, IB, IIA প্রভৃতি উপশ্রেণীকে এক একটি আলাদা শ্রেণী বোঝায়।

## ৩.৪। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির সাফল্য বা উপকারিতা
## Usefulness of Mendeleev's Periodic Table

রসায়ন শাস্ত্রে পর্যায় সারণির অনেকগুলো উপকারিতার মধ্যে কয়েকটি নিম্নে উল্লেখ করা হল।

১। **মৌলসমূহের সুশৃঙ্খল শ্রেণীবিভাগ ও রসায়ন পাঠ সহজীকরণ ঃ** সমধর্মী মৌলসমূহকে পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে স্থাপন করা হয়েছে। একই শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের ধর্মে গভীর মিল বিদ্যমান, শুধুমাত্র ধর্মের মাত্রায় পার্থক্য থাকে। সুতরাং একই শ্রেণীভুক্ত যে কোন একটি মৌলের রসায়ন পাঠ করলেই সে গ্রুপের অন্যান্য মৌলের রসায়ন সম্পর্কে বলা যায়। উদাহরণস্বরূপ IA গ্রুপের সোডিয়াম ধাতুর ধর্ম জানা থাকলেই সে গ্রুপের অন্যান্য মৌল যেমন Li, K, Rb, Cs, Fr প্রভৃতি মৌলের রসায়ন বলা যায়।

২। **অনাবিষ্কৃত মৌল সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী ঃ** মেন্ডেলিফ তৎকালে জ্ঞাত মৌলসমূহকে পারমাণবিক ভর অনুসারে সাজাতে গিয়ে শ্রেণীগত মিল বজায় রাখার জন্য কয়েকটি শূন্য স্থান রাখতে বাধ্য হন। তিনি ভবিষ্যদ্বাণী করেন যে, সে সব শূন্য স্থানে অবশ্যই বিভিন্ন মৌল অবস্থান করবে, যা তখনও আবিষ্কৃত হয়নি। তিনি এ সব তখনো অনাবিষ্কৃত মৌলের নাম রাখেন **একা-বোরন** (Eka-boron), **একা-অ্যালুমিনিয়াম** (Eka-aluminium) ও **একা-সিলিকন** (Eka-silicon)। তার ধারণা পরবর্তীতে সঠিক প্রমাণিত হয় এবং নতুন মৌলসমূহ আবিষ্কৃত হয়। এদের নাম হচ্ছে যথাক্রমে স্ক্যানডিয়াম Sc (21) (Scandium), গ্যালিয়াম Ga (31) (Gallium) এবং জার্মেনিয়াম Ge (32) (Germanium)। শুধু তাই নয়, তিনি এ সব অনাবিষ্কৃত মৌলের পর্যায় সারণিতে অবস্থান হতে তাদের অনেক ধর্ম সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করেন; যা পরবর্তীতে আবিষ্কৃত মৌলসমূহের সাথে মিলে যায়।

যেমন জার্মেনিয়াম আবিষ্কৃত হয় ১৮৮৬ খ্রিস্টাব্দে, তার প্রায় পনের বছর আগে ১৮৭১ খ্রিস্টাব্দে মেন্ডেলিফ এ মৌল ও তার যৌগ সম্পর্কে বিভিন্ন ভবিষ্যদ্বাণী করেন, যা সত্যি সত্যি মিলে যায়। যেমন–

| একা-সিলিকন সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী | আবিষ্কৃত জার্মেনিয়ামের ধর্ম (প্রকৃত) |
|---|---|
| ১। কালো ধূসর বর্ণের উজ্জ্বল ধাতু হবে। | ১। ধূসর আভাযুক্ত সাদা বর্ণের উজ্জ্বল ধাতু। |
| ২। গলনাঙ্ক উচ্চ হবে। | ২। গলনাঙ্ক 937 °C। |
| ৩। পারমাণবিক ভর প্রায় 72·0 হবে। | ৩। পারমাণবিক ভর 72·6। |
| ৪। আপেক্ষিক গুরুত্ব 5·5 হবে। | ৪। আপেক্ষিক গুরুত্ব 5·323 (25 °C)। |
| ৫। আপেক্ষিক তাপ 0·073 হবে। | ৫। আপেক্ষিক তাপ 0·076। |
| ৬। অক্সাইডের সংকেত $EsO_2$ হবে এবং এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·7 হবে। | ৬। অক্সাইডের সংকেত $GeO_2$ এবং এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·7। |
| ৭। ক্লোরাইডের সংকেত হবে $EsCl_4$, যা তরল হবে এবং যার স্ফুটনাঙ্ক 90 °C হবে। | ৭। ক্লোরাইডের সংকেত $GeCl_4$, এটি তরল পদার্থ, এর স্ফুটনাঙ্ক 86 °C। |

http://pdfcorner.com

**৩। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আবিষ্কারে সাহায্য ঃ** মেন্ডেলিফের আমলে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কৃত হয়নি; সুতরাং তার পর্যায় সারণিতে এ গ্রুপের কোন স্থান ছিল না। পরবর্তীতে ১৮৯৪ খ্রিস্টাব্দে আর্গন ও ১৮৯৫ খ্রিস্টাব্দে হিলিয়াম আবিষ্কারের পরে পর্যায় সারণিতে শূন্য গ্রুপ নামে আরেকটি গ্রুপের স্থান নির্ধারিত হয়। কিন্তু সে ক্ষেত্রে আরো কয়েকটি নতুন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উপস্থিতির প্রয়োজন হয়। বিজ্ঞানীরা সঠিকভাবে বোঝাতে পারেন যে আরো কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস বিদ্যমান। তার ফলে এ সংক্রান্ত প্রচুর গবেষণার মাধ্যমে তাঁরা অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুসন্ধান করে এ সব গ্যাস আবিষ্কার করেন।

**৪। পারমাণবিক ভরের ভুল সংশোধন ঃ** মেন্ডেলিফের আমলে জ্ঞাত কিছু মৌলের পারমাণবিক ভর সম্পর্কে ভুল ধারণা ছিল। উদাহরণস্বরূপ প্রকৃতিতে জিংক খনিজের সাথে ইনডিয়াম পাওয়া যায় বলে ইন্ডিয়ামের যোজনী দুই ধরা হত। এর তুল্যভর হচ্ছে 37·7। যেহেতু পারমাণবিক ভর = মৌলের তুল্যভর × যোজনী; সেহেতু এর পারমাণবিক ভর $37·7 \times 2 = 75·4$ ধরা হত।

পর্যায় সারণি আবিষ্কারের পরে এ মৌলের অবস্থান নিয়ে সমস্যা দেখা দেয়। কেননা এর যোজনী দুই এবং পারমাণবিক ভর 75·4 ধরা হলে এর অবস্থান হয় পঞ্চম পর্যায়ে। পারমাণবিক ভরের ভিত্তিতে এর স্থান হওয়া উচিত আর্সেনিক ও সেলেনিয়ামের মাঝে; অথচ সেখানে কোন শূন্য স্থান নেই। এ ছাড়া ইনডিয়ামের ধর্ম এ স্থানে অবস্থানের সাথে মিলে না।

এ কারণে মেন্ডেলিফ প্রস্তাব করেন যে, ইনডিয়ামের যোজনী তিন হবে। সেক্ষেত্রে এর পারমাণবিক ভর হয় $37·7 \times 3 = 113·1$ এবং এর অবস্থান হয় ক্যাডমিয়াম ও টিনের মাঝখানে। পরবর্তীকালে তাঁর ধারণাই সঠিক প্রমাণিত হয়। বর্তমানে সঠিকভাবে ইনডিয়ামের পারমাণবিক ভর 114·8 নির্ণীত হয়েছে। একইভাবে বেরেলিয়াম ও অন্যান্য কয়েকটি মৌলের পারমাণবিক ভর সংশোধন করা হয়েছে।

**৫। নতুন মৌল সৃষ্টির গবেষণায় ঃ** প্রকৃতিতে ৯০টি মৌল বিদ্যমান। [পারমাণবিক সংখ্যা 1—92 পর্যন্ত, মাঝখানে 43 ও 61 নং মৌল প্রকৃতিতে নেই] আধুনিককালে নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মাধ্যমে 43, 61 এবং 93 থেকে 112 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলসমূহ সৃষ্টি করা হয়েছে এবং আরো নতুন মৌল সৃষ্টির চেষ্টা চলছে। এ সব মৌল অত্যন্ত অল্প পরিমাণে এবং অনেক ক্ষেত্রে অতি স্বল্প সময়ের জন্য সৃষ্টি করা সম্ভব। এ সব মৌলের ধর্ম সম্পর্কে পূর্ব হতে ধারণা থাকলে জটিল গবেষণায় সাহায্য হয়, প্রকৃতপক্ষে পর্যায় সারণিতে এ সব সম্ভাব্য মৌলের অবস্থান হতে তাদের বিভিন্ন ধর্ম সম্পর্কে জেনেই এ সব গবেষণা চালানো হয়। উদাহরণস্বরূপ পর্যায় সারণি হতে বোঝা যায় যে, 118 নম্বর মৌলটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস হবে। সুতরাং এ মৌলটি সৃষ্টির সময় এমন ব্যবস্থা রাখতে হবে যেন উৎপাদিত গ্যাসসমূহ নির্দিষ্ট স্থানে সংরক্ষিত হয়।

## ৩.৫। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির ত্রুটিসমূহ
## Defects of Mendeleev's Periodic Table

মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির কিছু ত্রুটি আছে। যেমন–

**১। তিন জোড় মৌলের অবস্থান সমস্যা ঃ** পারমাণবিক ভরের বৃদ্ধি ক্রমে মৌলসমূহকে সাজাতে গিয়ে মেন্ডেলিফ তিন জায়গায় অসুবিধায় পড়েন। যেমন, (i) আর্গনের পারমাণবিক ভর (39.94) পটাসিয়ামের পারমাণবিক ভর (39.1) থেকে বেশি। কিন্তু ধর্মের সাদৃশ্যের জন্য K কে Ar এর শেষে সোডিয়ামের সাথে গ্রুপ I-এ স্থান দেয়া হয়। অনুরূপভাবে, (ii) টেলুরিয়ামের পারমাণবিক ভর (127.5) আয়োডিনের পারমাণবিক ভর (126.9) এর চেয়ে বেশি। কিন্তু ধর্মে সাদৃশ্যের জন্য I কে Te এর শেষে গ্রুপ VII এর ব্রোমিনের সাথে এবং Te কে গ্রুপ VI এর সালফারের সাথে স্থান দেয়া হয়। অনুরূপভাবে (iii) কোবাল্ট (58.9) কে নিকেল (58.7) এর পূর্বে স্থান দেয়া হয়।

**২। হাইড্রোজেনের অবস্থান ঃ** পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনকে গ্রুপ IA এর মধ্যে স্থান দেয়া হয়েছে। কিন্তু হাইড্রোজেনের ধর্মাবলি আলোচনায় দেখা যায়; হাইড্রোজেনের কিছু ধর্ম ক্ষারধাতুসমূহ অর্থাৎ গ্রুপ IA এবং কিছু ধর্ম হ্যালোজেনসমূহ অর্থাৎ গ্রুপ VIIA এর সাথে মিল রয়েছে। তাই হাইড্রোজেন গ্রুপ IA এবং গ্রুপ VIIA এর যে কোন এক গ্রুপে স্থান পাওয়ার যোগ্য। সুতরাং পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান অন্যান্য মৌলের মত সুনির্দিষ্টভাবে একক স্থানে দেওয়ার মত নয়।

**৩। ল্যান্থানাইড ও অ্যাকটিনাইড সিরিজের অবস্থান ঃ** ৬ষ্ঠ পর্যায়ে গ্রুপ IIIB তে একই অবস্থানে ল্যান্থানাইড সিরিজ (বর্তমানে* ল্যান্থানয়ডস্) নামে ল্যান্থানাম La (57)-এর সাথে পরবর্তী ১৪টি মৌলকে

http://pdfcorner.com

(58 হতে 71 নং মৌল) স্থান দেয়া হয়েছে। কিন্তু একই স্থানে ১৫টি মৌলের স্থান গ্রহণ সম্ভব নয় বলে ল্যান্থানাইড সিরিজের ১৫টি মৌলকে মূল পর্যায় সারণির নিচে লেখা হয়। এটি একটি বড় ত্রুটি।

একইভাবে ৭ম পর্যায়ে গ্রুপ IIIB তে একই অবস্থানে অ্যাক্টিনাইড সিরিজ (বর্তমানে* অ্যাক্টিনয়ডস্) নামে অ্যাক্টিনিয়াম Ac (89) এর সাথে পরবর্তী ১৪টি মৌলকে (90 হতে 103 নং মৌল) স্থান দেয়া হয়েছে। ল্যান্থানাইড সিরিজের মত একই নিয়মে এ ১৫টি মৌলকে অ্যাক্টিনাইড সিরিজ নামে মূল পর্যায় সারণির নিচে লেখা হয়।

৪। **অষ্টম শ্রেণীর অসামঞ্জস্যতা ঃ** প্রতিটি পর্যায়ে একটি উপশ্রেণীতে একটি মাত্র মৌল বিদ্যমান (ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইড ব্যতীত)। অথচ গ্রুপ VIII-এ প্রতিটি পর্যায়ে তিনটি করে মৌল রাখা হয়েছে। যেমন চতুর্থ পর্যায়ে আয়রন Fe (26), কোবাল্ট Co (27) ও নিকেল Ni (28) এ তিনটি মৌলের পারমাণবিক ভর ভিন্ন হলেও অষ্টম শ্রেণীতে একই স্থানে পরপর বসানো হয়েছে। তাদের মধ্যে কিছুটা সাদৃশ্য থাকলেও বৈসাদৃশ্যও অনেক। সুতরাং অষ্টম শ্রেণী অবশ্যই পর্যায় সারণির একটি বড় ত্রুটি।

৫। **ধাতু ও অধাতুর মধ্যে পার্থক্য না দেখানো ঃ** মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির গঠন এমন ছিল যে, তাতে ধাতু ও অধাতুর মধ্যে কোনরূপ পার্থক্য দেখানো সম্ভব ছিল না।

৬। **পর্যায়বৃত্ত ধর্মের ভিত্তি ঃ** মেন্ডেলিফের পর্যায় তালিকা মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের প্রকৃত কারণ ব্যাখ্যা করতে পারে না।

৭। **মৌলের ধর্মের সাথে অবস্থানের অসামঞ্জস্যতা ঃ** মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির প্রধান ত্রুটি হচ্ছে A ও B উপশ্রেণীকে একত্রে একই শ্রেণীতে স্থান দান। যেমন সোডিয়াম ও কপারের ধর্মে অনেক পার্থক্য থাকা সত্ত্বেও উভয়েই গ্রুপ I-এর সদস্য। একইভাবে অধাতু ক্লোরিন ও ধাতু ম্যাঙ্গানিজ এর মধ্যে অনেক পার্থক্য সত্ত্বেও উভয়েই গ্রুপ VII-এর সদস্যরূপে অন্তর্ভুক্ত। অনুরূপভাবে গ্রুপ VIA এ সালফার ও ক্রোমিয়ামের মধ্যে মিলের চেয়ে গরমিল বেশি।

## ৩.৬। আধুনিক পর্যায় সূত্র
## Modern Periodic Law

মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির বিভিন্ন ত্রুটি ও কয়েকটি মৌলের অবস্থানের অসামঞ্জস্য থেকে বিজ্ঞানীরা বুঝতে পারেন যে, মৌলসমূহের ধর্মের উপর পারমাণবিক ভরের গুরুত্ব ছাড়া মৌলের পরমাণুর গঠনভিত্তিক কোন উপাদানের প্রভাব রয়েছে যার ফলে মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম প্রকাশ পায়। ১৯১৩ খ্রিস্টাব্দে পদার্থবিজ্ঞানী মোসলে (J. Mosley) বিভিন্ন মৌলের রঞ্জন রশ্মি (X-ray) পরীক্ষা-নিরীক্ষার মাধ্যমে দেখান যে মৌলসমূহের ধর্মাবলি তাদের পরমাণুর কেন্দ্রস্থ **পারমাণবিক সংখ্যা** বা **প্রোটন সংখ্যার** সাথে পর্যায়ভিত্তিক হয়। ফলে আর্গনের পারমাণবিক সংখ্যা 18 ও পটাসিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা 19 হওয়ায় পর্যায় সারণিতে আর্গন পটাসিয়ামের পূর্বে বসবে। অনুরূপভাবে Co (27) এর অবস্থান Ni (28) এর পূর্বে এবং Te (52) এর অবস্থান I (53) এর পূর্বে হবে। অধিকন্তু একই মৌলের বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট **আইসোটোপ** এবং বিভিন্ন মৌলের একই ভরবিশিষ্ট **আইসোবার** আবিষ্কারের পর তাদের স্থান ও পারমাণবিক সংখ্যাভিত্তিক সুনির্দিষ্ট হয়।

তখন সব বিজ্ঞানীই স্বীকার করেন যে, পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি হচ্ছে পারমাণবিক সংখ্যা, পারমাণবিক ভর নয়। তাই **আধুনিক পর্যায় সূত্র নিম্নরূপে বিবৃত করা হয় ঃ**

**"মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি তাদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"**

আধুনিক পর্যায় সূত্র মতে, অদ্যাবধি (২১-০১-২০১১ ইং পর্যন্ত) আবিষ্কৃত এবং IUPAC কর্তৃক অনুমোদিত ১১২টি মৌলকে তাদের পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধিক্রম অনুসারে সজ্জিত করে মৌলের যে সারণি প্রস্তুত করা হয়, তাকে **আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি** বা **বোর সারণি** বলা হয়। ৩.৫ নং সারণিটি হল এরূপ একটি **আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি**।

---

* [ ল্যানথানয়ডস্ ও অ্যাক্টিনয়ডস্ ঃ ল্যান্থানাইড (Lanthanide) ও অ্যাকটিনাইড (Actinide) সিরিজ দুটির নাম IUPAC সংস্থা সংশোধন করে Lanthanoid ও Actinoid রেখেছে। কারণ 'ide' প্রত্যয়টি ঋণাত্মক আয়নের নামের শেষে বসে।]



http://pdfcorner.com

### (ক) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির উন্নয়ন ও আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি

মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির উন্নতির লক্ষ্যে বিভিন্ন বিজ্ঞানী এতে কিছু পরিবর্তনের সুপারিশ করেছেন। তবে এসব পরিবর্তন সম্পর্কে সব বিজ্ঞানী একমত নয়। কেননা, যে কোন পরিবর্তনে একদিকে কিছুটা উন্নতি সাধিত হলেও অন্যদিকে কিছু অসুবিধার সৃষ্টি হয়। তাই বর্তমানে আধুনিক পর্যায় সারণির বিভিন্ন রূপ দেখা যায়। অবশ্য এদের মধ্যকার পার্থক্য খুবই নগণ্য। তন্মধ্যে একটি আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি দেখানো হয়েছে সারণি ৩.৩–এ। মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণিকে ১৮ ঘরে বিভক্ত করে এবং A ও B উপশ্রেণীসমূহকে পৃথকভাবে স্থান দিয়ে এ পর্যায় সারণি তৈরি করা হয়েছে। পূর্বের নয় ঘরের পরিবর্তে ১৮ ঘর হওয়ায় একে **দীর্ঘ পর্যায় সারণি** বলা হয়। এটির উন্নয়নে অনেক বিজ্ঞানীর মধ্যে বোর–এর অবদান বেশি হওয়ায় দীর্ঘ পর্যায় সারণিকে **বোর সারণিও** বলা হয়। মেন্ডেলিফের সারণির চেয়ে উন্নত হওয়ায় একে **আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিও** বলা হয়। **এই পর্যায় সারণিকে এ পুস্তকে ভিত্তি হিসেবে ধরা হয়েছে।**

## ৩.৭। আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি ও এর বৈশিষ্ট্য
## Modern Long Form of Periodic Table & Its Characteristics

**ভিত্তিসমূহ ঃ** (i) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির প্রথম ভিত্তি হল 'পারমাণবিক সংখ্যা' ভিত্তিক আধুনিক পর্যায় সূত্র। অদ্যাবধি আবিষ্কৃত সব মৌলকে তাদের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সারণিতে সজ্জিত করা হয়েছে।

(ii) **দ্বিতীয় মূল** ভিত্তি হল মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস। সদৃশ ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলসমূহ সদৃশধর্মী হয়; তাই তাদেরকে সারণিতে একই গ্রুপ বা শ্রেণীতে রাখা হয়েছে। অপরদিকে ভিন্ন ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলসমূহের ধর্ম ভিন্ন হয়; তাই তাদেরকে পৃথক পৃথক গ্রুপ বা শ্রেণীতে সারণিতে স্থান দেয়া হয়েছে।

(iii) তৃতীয় ভিত্তি হল একটি স্থানে একটি মাত্র মৌলকে স্থান দেয়া হয়েছে।

**আধুনিক পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট্য বা গঠন ঃ** (১) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে **৭টি পর্যায়** (period) আছে। পর্যায়সমূহকে ইংরেজি সংখ্যা 1 থেকে 7 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

(২) অপরদিকে পর্যায় সারণিতে ১৮টি খাড়া স্তম্ভ (vertical column) থাকলেও সত্যিকার অর্থে **গ্রুপ বা শ্রেণীর সংখ্যা হল ১৬টি**। কেননা ৪র্থ পর্যায় থেকে প্রতিটি পর্যায়ে গ্রুপ VIII-এর অন্তর্ভুক্ত তিনটি করে মৌল **পৃথক স্থানে** বিদ্যমান। গ্রুপসমূহকে রোমান সংখ্যা I থেকে VIII ও 0 (শূন্য) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। গ্রুপ I থেকে গ্রুপ VII পর্যন্ত সব কয়টিকে A ও B উপশ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে; গ্রুপ VIII ও 0 (শূন্য) গ্রুপের কোন উপশ্রেণী নেই।

(৩) গ্রুপসমূহের বিন্যাস হচ্ছে (বামদিক হতে যথাক্রমে) IA, IIA, IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIII, IB, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA এবং 0। [ একই শ্রেণীর A ও B মৌলগুলোকে একই স্তম্ভে স্থান দেয়া হয়েছে, তাই সেখানে ৯টি গ্রুপ ছিল। এ কারণে এখনো কোন কোন বইতে ৯টি গ্রুপের কথা লেখা আছে। কিন্তু বোর কর্তৃক সংশোধনের পর আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে A ও B শ্রেণীগুলোকে সম্পূর্ণ ভিন্ন বিবেচনা করা হয়।] [সারণি ৩.৫ দ্রষ্টব্য]

**পর্যায়ের বর্ণনা ঃ**

পর্যায় সারণির অনুভূমিক সারিসমূহকে **পর্যায়** বলে। প্রতিটি পর্যায় বামদিকে গ্রুপ IA হতে আরম্ভ করে ডানদিকে গ্রুপ 0 পর্যন্ত বিস্তৃত। তবে প্রতিটি পর্যায়ে সব গ্রুপ পূর্ণ নাও হতে পারে।

**(i) প্রথম পর্যায় ঃ** এ পর্যায়ে H(1) ও He(2) এ ২টি মৌল আছে। এ পর্যায়কে **অতিক্ষুদ্র পর্যায়** বলে।

**(ii) ২য় ও ৩য় পর্যায় ঃ** এ দুটি পর্যায়ের প্রত্যেকটিতে ৮টি করে মৌল আছে। এ দুটিকে **সংক্ষিপ্ত পর্যায়** বলা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে Li(3) থেকে Ne(10) পর্যন্ত ৮টি মৌল এবং তৃতীয় পর্যায়ে Na(11) থেকে Ar(18) পর্যন্ত ৮টি মৌল।

**(iii) ৪র্থ ও ৫ম পর্যায় ঃ** এ দুটি পর্যায়ের প্রত্যেকটিতে ১৮টি করে মৌল আছে। এ দুটিকে **দীর্ঘ পর্যায়** বলে। ৪র্থ পর্যায়ে K(19) থেকে Kr(36) পর্যন্ত ১৮টি মৌল এবং ৫ম পর্যায়ে Rb(37) থেকে Xe(54) পর্যন্ত ১৮টি মৌল আছে।

http://pdfcorner.com

## সারণি ৩.৫ ঃ আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি

| শ্রেণী→ পর্যায় ↓ | IA | IIA | IIIB | IVB | VB | VIB | VIIB | VIII | IB | IIB | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | 0 শ্রেণী |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1<br>H<br>$1s^1$ | | | | | | | | | | | | | | 1<br>H<br>$1s^1$ | 2<br>He<br>$1s^2$ |
| 2<br>[He]+ | 3<br>Li<br>$2s^1$ | 4<br>Be<br>$2s^2$ | | | 6<br>C<br>$2s^22p^2$ | পরমাণু ক্রমাঙ্ক<br>মৌলের প্রতীক<br>সর্ববহিস্থ কক্ষপথে ইলেকট্রনের বিন্যাস | | | | | 5<br>B<br>$2s^22p^1$ | 6<br>C<br>$2s^22p^2$ | 7<br>N<br>$2s^22p^3$ | 8<br>O<br>$2s^22p^4$ | 9<br>F<br>$2s^22p^5$ | 10<br>Ne<br>$2s^22p^6$ |
| 3<br>[Ne]+ | 11<br>Na<br>$3s^1$ | 12<br>Mg<br>$3s^2$ | | | | | | | | | 13<br>Al<br>$3s^23p^1$ | 14<br>Si<br>$3s^23p^2$ | 15<br>P<br>$3s^23p^3$ | 16<br>S<br>$3s^23p^4$ | 17<br>Cl<br>$3s^23p^5$ | 18<br>Ar<br>$3s^23p^6$ |
| 4<br>[Ar]+ | 19<br>K<br>$4s^1$ | 20<br>Ca<br>$4s^2$ | 21<br>Sc<br>$3d^14s^2$ | 22<br>Ti<br>$3d^24s^2$ | 23<br>V<br>$3d^34s^2$ | 24<br>Cr<br>$3d^54s^1$ | 25<br>Mn<br>$3d^54s^2$ | 26<br>Fe<br>$3d^64s^2$ | 27<br>Co<br>$3d^74s^2$ | 28<br>Ni<br>$3d^84s^2$ | 29<br>Cu<br>$3d^{10}4s^1$ | 30<br>Zn<br>$3d^{10}4s^2$ | 31<br>Ga<br>$4s^24p^1$ | 32<br>Ge<br>$4s^24p^3$ | 33<br>As<br>$4s^24p^4$ | 34<br>Se<br>$4s^24p^4$ | 35<br>Br<br>$4s^24p^5$ | 36<br>Kr<br>$4s^24p^6$ |
| 5<br>[Kr]+ | 37<br>Rb<br>$5s^1$ | 38<br>Sr<br>$5s^2$ | 39<br>Y<br>$4d^15s^2$ | 40<br>Zr<br>$4d^25s^2$ | 41<br>Nb<br>$4d^45s^1$ | 42<br>Mo<br>$4d^55s^1$ | 43<br>Tc<br>$4d^55s^2$ | 44<br>Ru<br>$4d^75s^1$ | 45<br>Rh<br>$4d^85s^1$ | 46<br>Pd<br>$4d^{10}$ | 47<br>Ag<br>$4d^{10}5s^1$ | 48<br>Cd<br>$4d^{10}5s^2$ | 49<br>In<br>$5s^25p^1$ | 50<br>Sn<br>$5s^25p^2$ | 51<br>Sb<br>$5s^25p^3$ | 52<br>Te<br>$5s^25p^4$ | 53<br>I<br>$5s^25p^5$ | 54<br>Xe<br>$5s^25p^6$ |
| 6<br>[Xe]+ | 55<br>Cs<br>$6s^1$ | 56<br>Ba<br>$6s^2$ | 57*<br>La<br>$5d^16s^2$ | 72<br>Hf<br>$5d^26s^2$ | 73<br>Ta<br>$5d^36s^2$ | 74<br>W<br>$5d^46s^2$ | 75<br>Re<br>$5d^56s^2$ | 76<br>Os<br>$5d^66s^2$ | 77<br>Ir<br>$5d^76s^2$ | 78<br>Pt<br>$5d^96s^1$ | 79<br>Au<br>$6d^{10}6s^1$ | 80<br>Hg<br>$6d^{10}6s^2$ | 81<br>Tl<br>$6s^26p^1$ | 82<br>Pb<br>$6s^26p^2$ | 83<br>Bi<br>$6s^26p^3$ | 84<br>Po<br>$6s^26p^4$ | 85<br>At<br>$6s^26p^5$ | 86<br>Rn<br>$6s^26p^6$ |
| 7<br>[Rn]+ | 87<br>Fr<br>$7s^1$ | 88<br>Ra<br>$7s^2$ | 89**<br>Ac<br>$6d^17s^2$ | 104<br>Rf<br>$6d^27s^2$ | 105<br>Db<br>$6d^37s^2$ | 106<br>Sg<br>$6d^57s^1$ | 107<br>Bh<br>$6d^57s^2$ | 108<br>Hs<br>$6d^67s^2$ | 109<br>Mt<br>$6d^77s^2$ | 110<br>Ds<br>$6d^87s^2$ | 111<br>Rg<br>$6d^{10}7s^1$ | 112<br>Cn<br>$6d^{10}7s^2$ | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Lanthanides series | 58<br>Ce<br>$4f^26s^2$ | 59<br>Pr<br>$4f^36s^2$ | 60<br>Nd<br>$4f^46s^2$ | 61<br>Pm<br>$4f^56s^2$ | 62<br>Sm<br>$4f^66s^2$ | 63<br>Eu<br>$4f^76s^2$ | 64<br>Cd<br>$4f^75d^16s^2$ | 65<br>Tb<br>$4f^96s^2$ | 66<br>Dy<br>$4f^{10}6s^2$ | 67<br>Ho<br>$4f^{11}6s^2$ | 68<br>Er<br>$4f^{12}6s^2$ | 69<br>Tm<br>$4f^{13}6s^2$ | 70<br>Yb<br>$4f^{14}6s^2$ | 71<br>Lu<br>$4f^{14}5d^16s^2$ |
| ** Actinides series | 90<br>Th<br>$6d^27s^2$ | 91<br>Pa<br>$5f^26d^17s^2$ | 92<br>U<br>$5f^36d^17s^2$ | 93<br>Np<br>$5f^46d^17s^2$ | 94<br>Pu<br>$5f^67s^2$ | 95<br>Am<br>$5f^77s^2$ | 96<br>Cm<br>$5f^76d^17s^2$ | 97<br>Bk<br>$5f^86d^17s^2$ | 98<br>Cf<br>$5f^{10}7s^2$ | 99<br>Es<br>$5f^{11}7s^2$ | 100<br>Fm<br>$5f^{12}7s^2$ | 101<br>Md<br>$5f^{13}7s^2$ | 102<br>No<br>$5f^{14}7s^2$ | 103<br>Lr<br>$5f^{14}6d^17s^2$ |

http://pdfcorner.com

**(iv) ৬ষ্ঠ ও ৭ম পর্যায় ঃ** এ দুটি পর্যায়ের প্রত্যেকটিতে ৩২টি করে মৌল থাকা সম্ভব; তাই এ দুটি **অতিদীর্ঘ পর্যায়** বলা হয়। ৬ষ্ঠ পর্যায়ে Cs(55) থেকে Rn(86) পর্যন্ত ৩২টি মৌল রয়েছে।

৭ম পর্যায়ে Fr(87) থেকে অদ্যাবধি (২১–০১–২০১১ ইং পর্যন্ত) আবিষ্কৃত শেষ মৌল কোপারনিসিয়াম, Cn(112) পর্যন্ত ২৬টি মৌল স্থান পেয়েছে। তাই ৭ম পর্যায় একটি অসম্পূর্ণ পর্যায়। সপ্তম পর্যায়ের মৌলসমূহ তেজস্ক্রিয়। Fr(87) থেকে U(92) পর্যন্ত তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এর পরবর্তী নেপ্চুনিয়াম Np(93) থেকে মাইটনেরিয়াম, Mt(109) ডারমস্ট্যাডসিয়াম, Ds(110), রঞ্জেনিয়াম Rg(111) এবং সর্বশেষ (২১–০১–২০১১ ইং) পর্যন্ত আবিষ্কৃত মৌল কোপারনিসিয়াম Cn(112) পরীক্ষাগারে বিজ্ঞানীদের দ্বারা নিউক্লীয়ার বিক্রিয়ার সাহায্যে কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা হয়। এজন্য পারমাণবিক সংখ্যা 93 থেকে পরবর্তী তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহকে **কৃত্রিম** বা **সংশ্লেষিত মৌল** (Synthetic elements) বলা হয়।

**(v) ল্যান্থানয়ড্স বা ল্যান্থানাইড সারি ঃ** ষষ্ঠ পর্যায়ের ল্যান্থানাম La (57) সহ পরবর্তী মৌল সেরিয়াম Ce (58) থেকে লুটেসিয়াম Lu (71) পর্যন্ত এ পনেরটি মৌল **ল্যান্থানয়ড্স** বা **ল্যান্থানাইড সারি** নামে পরিচিত।

**(vi) অ্যাক্টিনয়ড্স বা অ্যাক্টিনাইড সারি ঃ** সপ্তম পর্যায়ে অ্যাকটিনিয়াম Ac, (89) এর পরবর্তী মৌল থোরিয়াম Th (90) থেকে লরেনসিয়াম Lr (103) পর্যন্ত এ পনেরটি মৌল **অ্যাক্টিনয়ড্স** বা **অ্যাক্টিনাইড সারি** নামে পরিচিত। এদের মধ্যে গভীর সাদৃশ্যের কারণে এদেরকেও একত্রে গ্রুপ IIIB-তে স্থান দেওয়া হয়েছে। উভয় সারির পনেরটি করে মৌলকে ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইড সারি নামে সারণির নিচে লেখা হয়। এদেরকে **আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল**ও বলা হয়।

সারণি ৩.৫(ক) ঃ প্রতি পর্যায়ে মৌলসংখ্যা ও অরবিটালসমূহে ইলেকট্রন প্রবেশ ক্রম ঃ

| পর্যায় সংখ্যা | n এর মান | অরবিটালসমূহে ইলেকট্রন প্রবেশের ক্রম | বিভিন্ন অরবিটাল পূর্ণকরণে মোট ইলেকট্রন | প্রতি পর্যায়ে মোট মৌল |
|---|---|---|---|---|
| ১ম পর্যায় | 1 | $1s^{1-2}$ | 2 = 2 | 2 |
| ২য় পর্যায় | 2 | $2s^{1-2}$ $2p^{1-6}$ | (2+6) = 8 | 8 |
| ৩য় পর্যায় | 3 | $3s^{1-2}$ $3p^{1-6}$ | (2+6) = 8 | 8 |
| ৪র্থ পর্যায় | 4 | $4s^{1-2}$ $3d^{1-10}$ $4p^{1-6}$ | (2+10+6) = 18 | 18 |
| ৫ম পর্যায় | 5 | $5s^{1-2}$ $4d^{1-10}$ $5p^{1-6}$ | (2+10+6) = 18 | 18 |
| ৬ষ্ঠ পর্যায় | 6 | $6s^{1-2}$ $4f^{1-14}$ $5d^{1-10}$ $6p^{1-6}$ | (2+14+10+6) = 32 | 32 |
| ৭ম পর্যায় | 7 | $7s^{1-2}$ $5f^{1-14}$ $6d^{1-10}$ $7p^{1-6}$ | (2+14+10+6) = 32 | 26 [21–01–2011 পর্যন্ত] |

**গ্রুপ বা শ্রেণীর বর্ণনা ঃ**

পর্যায় সারণির উপর থেকে নিচের দিকে খাড়া স্তম্ভসমূহকে **গ্রুপ বা শ্রেণী** বলা হয়। ১৬টি গ্রুপকে IA থেকে VIIA, IB থেকে VIIB, VIII (তিনটি খাড়া স্তম্ভ) এবং 0 (শূন্য) গ্রুপ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যে সব মৌলের শেষ ইলেকট্রনটি s অথবা p-অরবিটালে প্রবেশ করে তাদেরকে A-উপশ্রেণীতে; অপরদিকে যে সব মৌলের শেষ ইলেকট্রনটি d অথবা f-অরবিটালে প্রবেশ করে তাদেরকে B-উপশ্রেণীতে স্থান পেয়েছে। B-উপশ্রেণীর সব মৌল ধাতু।

কোন কোন গ্রুপের মৌলসমূহের বিশেষ নাম আছে। যেমন IA, IIA, VIA, VIIA ও 0 গ্রুপের মৌলসমূহকে যথাক্রমে **ক্ষারধাতু, মৃৎক্ষারীয় ধাতু, চাল্‌কোজেন, হ্যালোজেন** ও **নিষ্ক্রিয় গ্যাস** বলা হয়। গ্রুপ IB মৌলসমূহ (Cu, Ag, Au)-কে **মুদ্রাধাতু** বলা হয়।

**ধর্মাবলি ঃ** (১) মৌলসমূহের ধর্ম তাদের গ্রুপ বা শ্রেণীর উপর নির্ভর করে। একই শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে যথেষ্ট মিল থাকে, যদিও ধর্মগুলো বিভিন্ন অনুক্রমে উপর হতে নিচের দিকে পরিবর্তিত হয়।

(২) একটি পর্যায়ে বামদিক হতে ডানদিকে মৌলসমূহের ধর্মের ক্রম পরিবর্তন হয়। তাই মৌলের এরূপ পর্যায়ভিত্তিক ধর্মের পরিবর্তনকে মৌলের পর্যায়বৃত্ততা (Periodicity) বলা হয়।

---

**দ্রষ্টব্য ঃ** 113, 114, 116 নং মৌল তিনটি বিভিন্ন বিজ্ঞানীদের দ্বারা প্রস্তুতির খবর বের হলেও IUPAC/IUPAP গ্রুপের বিজ্ঞানীরা এখনও তা নিশ্চিত করেননি।

**তথ্যসূত্র ঃ** http : w.w.w. iupac. org/ publications/ ci/ 2004/ 2601/2 holden html (24–04–2004)

http://pdfcorner.com

## ৩.৮। মৌলের পর্যায়বৃত্ততা ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস
### Periodicity of Elements & their Electron Distributions

**(১) মৌলের পর্যায়বৃত্ততা ঃ** পর্যায়বৃত্ততা বা Periodic function বলতে আমরা বুঝি ধর্মসমূহ নির্দিষ্ট সময় বা ব্যবধানের পরপর পুনরায় পরিদৃষ্ট হয়। কিন্তু পর্যায় সারণিতে প্রথম পর্যায়ে দুটি মৌল আছে। দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে ৮টি, চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে ১৮টি এবং ষষ্ঠ পর্যায়ে ৩২টি মৌল আছে। একে সত্যিকার অর্থে পর্যায়বৃত্ততা বলা যায় না। আবার, গ্রুপ IA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যাগুলো হচ্ছে H(1), Li(3), Na(11), K(19), Rb(37), Cs(55) ও Fr(87)। এখানে ক্রমান্বয়ে অবস্থিত মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যার পার্থক্য হচ্ছে 2, 8, 8, 18, 18 ও 32। এ **উদাহরণ থেকে স্পষ্ট যে, পারমাণবিক সংখ্যাও পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি নয়।** তাছাড়া পারমাণবিক সংখ্যাকে পর্যায় সারণির মূলভিত্তি হিসেবে ধরলে ল্যান্থানাইড ও অ্যাকটিনাইড মৌলসমূহের অবস্থানও ব্যাখ্যা করা যায় না।

**(২) মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে পর্যায়বৃত্ততা ঃ** মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসকে পর্যায় সারণির মূলভিত্তি আলোচনার জন্য প্রথমত ক্ষার ধাতু বা গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে দেখানো হল ঃ

Li(3) – $1s^2$ $\boxed{2s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

Na(11) – $1s^2 2s^2 2p^6$ $\boxed{3s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

K(19) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ $\boxed{4s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

Rb(37) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ $\boxed{5s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

Cs(55) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6$ $\boxed{6s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

Fr(87) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2 6p^6$ $\boxed{7s^1}$ ← যোজ্যতা স্তর

দেখা যায় যে, ক্ষার ধাতু বা গ্রুপ IA এর সব মৌলের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাসে $ns^1$ অর্থাৎ তাদের যোজ্যতা স্তরে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে। সুতরাং বোঝা যায় যে, **মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাসের উপরই মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি নির্ভরশীল এবং পর্যায় সারণির মূলভিত্তি হচ্ছে মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস।**

**পর্যায়বৃত্ততায় ক্ষারধাতুর সদৃশ ধর্ম ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের নিম্নরূপ সদৃশ ধর্ম দেখা যায়। যেমন, (i) বিজারকরূপে তারা ক্রিয়া করে; (ii) একক ধনাত্মক আয়ন যেমন $Li^+$, $Na^+$ গঠন করে; (iii) সবই নরম ধাতু; (iv) খুবই সক্রিয়, তাই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় তারা থাকে না; (v) হাইড্রোজেনের সাথে হাইড্রাইড ও হ্যালোজেনের সাথে হ্যালাইড গঠন করে; অক্সিজেনের সাথে ক্ষারধর্মী অক্সাইড; (vi) পানির সাথে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে।

**গ্রুপ IA ও গ্রুপ IB এর মৌলে d-ইলেকট্রনের পার্থক্যজনিত ধর্মে প্রভাব ঃ** এ প্রসঙ্গে গ্রুপ IA ও গ্রুপ IB-এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস তুলনা করা যায়। যেমন,

Cu (29) = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

Ag (47) = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$

Au (79) = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^1$

দেখা যাচ্ছে যে, গ্রুপ IB এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ স্তরে $ns^1$ ইলেকট্রন বিন্যাস আছে। এ কারণে গ্রুপ IA এর শ্রেণীর ক্ষার ধাতুসমূহের সাথে এদের কিছুটা সাদৃশ্য লক্ষ করা যায়। অপরদিকে একটু লক্ষ করলে দেখা যায় যে, Li ব্যতীত গ্রুপ IA শ্রেণীর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)s^2 (n-1) p^6 ns^1$। Li এর বেলায় n = 2, এখানে (n – 1)s থাকলেও (n – 1)p সম্ভব নয়। এ কারণে Li এর ধর্ম গ্রুপ IA এর অন্যান্য মৌল অপেক্ষা কিছুটা ভিন্ন হয়।

আবার গ্রুপ IB এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)s^2 (n-1)p^6 (n-1)d^{10} ns^1$ অর্থাৎ গ্রুপ IA ও গ্রুপ IB এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসের অভ্যন্তরে যথেষ্ট পার্থক্য আছে। এ কারণে গ্রুপ IA ও গ্রুপ IB এর মৌলসমূহের ধর্ম কিছুটা মিল থাকলেও এদের মধ্যে পার্থক্য বহু বেশি। ইলেকট্রন বিন্যাসের পার্থক্যই এর কারণ।

http://pdfcorner.com

**পর্যায় বৃত্ততায় হ্যালোজেন মৌলের সদৃশ ধর্ম ঃ** অনুরূপভাবে, হ্যালোজেন মৌলসমূহ বা VIIA উপশ্রেণীর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস হল নিম্নরূপ ঃ

F (9) = $1s^2$ $\boxed{2s^2\ 2p^5}$ ← যোজ্যতা স্তর

Cl (17) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ $\boxed{3s^2\ 3p^5}$ ← যোজ্যতা স্তর

Br (35) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ $\boxed{4s^2\ 4p^5}$ ← যোজ্যতা স্তর

I (53) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}$ $\boxed{5s^2\ 5p^5}$ ← যোজ্যতা স্তর

উপরিউক্ত হ্যালোজেনসমূহের প্রত্যেকের **যোজ্যতা স্তরে ৭টি করে ইলেকট্রন ($ns^2\ np^5$) আছে।** তাই তাদের নিম্নরূপ সদৃশ ধর্ম দেখা যায়। যেমন–

(i) জারকরূপে তারা ক্রিয়া করে; (ii) একক ঋণাত্মক আয়ন যেমন $F^-$, $Cl^-$ $Br^-$ গঠন করে; (iii) সবই অধাতু—তাদের মধ্যে $F_2$, $Cl_2$ হল গ্যাস; $Br_2$ হল লাল বর্ণের তরল এবং $I_2$ হল গাঢ় বেগুনি বর্ণের কঠিন; (iv) খুবই সক্রিয় অধাতু; (v) হাইড্রোজেনের সাথে হ্যালোজেন হাইড্রাসিড যেমন HF, HCl, HBr, HI গঠন করে; (vi) ধাতুর সাথে বিক্রিয়ায় ধাতব হ্যালাইড যেমন NaF, NaCl, NaBr, NaI গঠন করে।

**পর্যায়বৃত্ততার সিদ্ধান্ত ঃ** মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে সুস্পষ্ট হল যে, যে সব মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা সমান, তাদের ধর্মে মিল থাকে। এ থেকে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, **মৌলসমূহের ধর্মে পর্যায়বৃত্ততা তাদের সদৃশ ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভর করে। সুতরাং পর্যায় সারণিতে মৌলের পর্যায়গত ধর্ম এবং মৌলসমূহের সজ্জিতকরণের শ্রেষ্ঠতর ভিত্তি হল** তাদের **ইলেকট্রন বিন্যাস।** ইলেকট্রন বিন্যাসের পর্যায়বৃত্ততা হল 2, 8, 8, 18, 18, 32 এবং এদেরকে **ইলেকট্রন–বিন্যাসের ম্যাজিক নম্বর** (magic numbers) বলা হয়। ম্যাজিক নম্বরের সাহায্যে সদৃশধর্মী মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণিতে নির্ণয় করা সম্ভব।

## ৩.৯। ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ

## Classification of Elements based on Electronic Configuration

ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী মৌলসমূহকে চারটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যায়; যথা ঃ

(১) s–ব্লক মৌল, (২) p–ব্লক মৌল, (৩) d–ব্লক মৌল, (৪) f–ব্লক মৌল।

**(১) s–ব্লক মৌল ঃ** যে সব মৌলের ক্ষেত্রে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি s অরবিটালে যায়, তাদেরকে s-ব্লক মৌল বলা হয়। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA ও IIA শ্রেণীর মৌলসমূহ এবং He–এ গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। s-ব্লকের মৌলের সংখ্যা হল ১৪টি। এ সব মৌলের সর্ববহিস্তরে $s^1$ অথবা $s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে। যেমন,

H (1) = $1s^1$
He (2) = $1s^2$
Li (3) = $1s^2\ 2s^1$
Be (4) = $1s^2\ 2s^2$

**(২) p ব্লক–মৌল ঃ** যে সব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি p অরবিটালে যায়, তাদেরকে p ব্লক মৌল বলা হয়। পর্যায় সারণির গ্রুপ IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA এবং 0 গ্রুপের He ব্যতীত মৌলসমূহ এ গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। p–ব্লক মৌলের সংখ্যা ৩০টি। এসব মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে $p^1$ থেকে $p^6$ ইলেকট্রন থাকে। যেমন–

Al (13) = $ls^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
Ar (18) = $ls^2\ 2s^2\ 2p^6 3s^2\ 3p^6$

আবার যে সব মৌলের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2\,np^6$ তাদেরকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বলা হয়। [ He বাদে ]

**(৩) d–ব্লক মৌল ঃ** যে সব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি d অরবিটালে যায়, তাদেরকে **d–ব্লক মৌল** বলা হয়। চতুর্থ পর্যায়ের স্ক্যানডিয়াম, Sc(21) থেকে জিংক, Zn(30) এবং পঞ্চম পর্যায়ের ইট্রিয়াম, Y(39) থেকে ক্যাডমিয়াম, Cd(48) মৌলগুলো d-ব্লক মৌল। এছাড়া ষষ্ঠ পর্যায় ও সপ্তম পর্যায়ে d ব্লক মৌল আছে।

http://pdfcorner.com

তারা সবই ধাতু। সাধারণত পর্যায় সারণিতে "B" উপশ্রেণীর এবং গ্রুপ VIII এর মৌলসমূহ এ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। d–ব্লক মৌলের সংখ্যা Th (90) ও নব আবিষ্কৃত ডারমস্ট্যাডসিয়াম, রঞ্জেনিয়াম, Rg (111).ও কোপারনিসিয়াম Cn (112)সহ ৪১টি। তাদের পরমাণুতে $d^1$ থেকে $d^{10}$ ইলেকট্রন থাকে। যেমন–

$$Sc\ (21) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1 4s^2$$

$$Fe\ (26) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$$

$$Zn\ (30) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$$

d–ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে বিশেষ ধর্মবিশিষ্ট কতগুলো মৌলকে **অবস্থান্তর মৌল** (transition elements) বলে।

**অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা ঃ** যে সব d-ব্লক মৌল অন্তত এমন একটি আয়ন গঠন করে, যার ইলেকট্রন বিন্যাসে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ ($d^1 - d^9$) থাকে, তাদেরকে **অবস্থান্তর মৌল** বলা হয়। তাদের নিম্নরূপ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম থাকে। যেমন– (i) তাদের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকে; (ii) তারা রঙিন যৌগ গঠন করে; (iii) তারা জটিল যৌগ গঠন করে; (iv) তারা প্রভাবক রূপে ক্রিয়া করে।

সংজ্ঞা মতে, ৪র্থ পর্যায়ের d-ব্লকভুক্ত Sc এবং Zn এ দুটি মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়। কারণ তারা কেবল $Sc^{3+}$ আয়ন এবং $Zn^{2+}$ আয়ন গঠন করে। $Sc^{3+}$ আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটালে কোন ইলেকট্রন নেই এবং $Zn^{2+}$ আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটাল পূর্ণ অর্থাৎ $3d^{10}$ থাকে।

$$Sc^{3+}\ (21) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^0}$$

$$Zn^{2+}\ (30) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}}$$

অপরদিকে Fe হল d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল উভয়ই। কারণ এটির $Fe^{2+}$ আয়ন ও $Fe^{3+}$ আয়নের d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে। যেমন–

$$Fe^{2+} = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^6}$$

$$Fe^{3+} = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^5}$$

এজন্য বলা হয়, সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; কিন্তু সব অবস্থান্তর মৌল d-ব্লক মৌল বটে।

**(৪) f–ব্লক মৌল ঃ** যে সব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি f অরবিটালে যায়, তাদেরকে f ব্লক মৌল বলা হয়। পর্যায় সারণির ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ল্যান্থানাম La (57) থেকে পরবর্তী লুটেসিয়াম, Lu (71) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে **ল্যান্থানয়ড্স** (Lanthanoids) বা **ল্যান্থানাইড সিরিজ** (lanthanides) বা বিরল মৃত্তিকা মৌলসমূহ (rare earths) বলা হয়। অ্যাক্টিনিয়াম, Ac (89) থেকে পরবর্তী লরেনসিয়াম Lr (103) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে **অ্যাক্টিনয়ড্স** (actinoids) বা **অ্যাকটিনাইড সিরিজ** (actinides) বলা হয়। সর্বমোট ৩০টি মৌল এ দু' শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। উল্লেখ্য যে, এ ৩০টি মৌলকে বর্তমানে আধুনিকতম পর্যায় সারণির নিচে লেখা হয়েছে।

উল্লেখ্য **ল্যান্থানাইড** সিরিজের ১ম মৌল La (57) এর সর্বশেষ ইলেকট্রন $5d^1$ এ এবং অ্যাক্টিনাইড সিরিজের প্রথম মৌল Ac (89) ও ২য় মৌল Th (90) এর সর্বশেষ ইলেকট্রন যথাক্রমে $6d^1$ ও $6d^2$ রূপে আছে। তাই সংজ্ঞা মতে, তারা f-ব্লক মৌল নয়। সুতরাং প্রকৃতপক্ষে **f-ব্লক মৌলের সংখ্যা হল ২৭টি** (পর্যায় সারণি দ্রষ্টব্য)।

আবার যে সব মৌলের কোন সুস্থিত আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস $f^1$ হতে $f^{13}$ হয়, তাদেরকে **আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল** বলা হয়। তাদের একটি গ্রুপে 4f অরবিটাল অসম্পূর্ণ থাকে এবং তাদের অন্য গ্রুপে 5f অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে। এরূপ আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলের উদাহরণ হল সেরিয়াম ($_{58}Ce$)।

http://pdfcorner.com

### ৩.৯.১। আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির ত্রুটি
**Defects of Long Form of Periodic Table**

যদিও আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে সবচেয়ে সফলভাবে বিন্যস্ত করা সম্ভব হয়েছে; তবুও এতে নিম্নোক্ত ত্রুটি রয়েছে ঃ

**(১) হাইড্রোজেনের অবস্থান ঃ** ক্ষার ধাতুর ধর্মের সাথে H এর ধর্মের সম্পূর্ণ মিল নেই; তবুও H কে গ্রুপ IA এ স্থান দেয়া হয়েছে। H মৌলটি হ্যালোজেনসমূহের ধর্মের সাথে সদৃশ ধর্ম প্রকাশ করে। [এ সম্পর্কে নিচে ৩.১১ নং অনুচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।]

**(২) He এর অবস্থান ঃ** ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে He ($1s^2$) কে গ্রুপ IIA মৌলের সাথে রাখা উচিত; কিন্তু He কে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের সাথে রাখা হয়েছে। কোন কোন লেখক এটিকে ত্রুটি হিসেবে চিহ্নিত করলেও আসলে তা কোন ত্রুটি নয়, কেননা, He এর অবস্থান নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সাথেই হবে। কারণ–(i) গ্রুপ IIA এর মৌলসমূহ রাসায়নিকভাবে সক্রিয়; কিন্তু He রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। (ii) গ্রুপ IIA এর প্রত্যেকটি মৌলের সর্বশেষ শক্তিস্তরে দুটি করে ইলেকট্রন আছে ($ns^2$) এবং তা অপূর্ণ; কিন্তু He এর সর্বশেষ ১ম শক্তিস্তর দুটি ইলেকট্রন ($1s^2$) দ্বারা পূর্ণ।

**(৩) ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইডসমূহ ঃ** পর্যায় সারণিতে তাদের অবস্থানকে কোন কোন লেখক ত্রুটিপূর্ণ বলে অভিহিত করলেও বর্তমানে তা সর্বজন গৃহীত। তাদের অবস্থান গ্রুপ IIIB-তে, তবে একস্থানে পনেরটি মৌল লেখা সম্ভব নয়, তাই ঐ মৌলসমূহকে ঐ নামে নিচে দুটি সিরিজে লেখা হয়।

**(৪) গ্রুপ VIII-এ তিনটি করে মৌলের অবস্থান ঃ** ৪র্থ পর্যায় ও তার নিচের প্রতিটি পর্যায়ে গ্রুপ VIII-এ তিনটি করে মৌল রাখা হয়েছে, যা সম্পূর্ণ বেমানান ও অযৌক্তিক। মৌলগুলো হল (Fe, Co, Ni); (Ru, Rh, Pd); (Os, Ir, Pt)। আধুনিকতম পর্যায় সারণিতে তাদেরকে পৃথক করা হয়েছে (সারণি ৩·৬ দ্রষ্টব্য)।

## ৩.১০। পর্যায় সারণি, পরমাণুর ইলেকট্রনিক গঠন ও তাদের রাসায়নিক ধর্ম
**Periodic Table, Electronic Structure of Atoms & Their Chemical Properties**

পূর্বোক্ত আলোচনা থেকে জানা যায় যে, পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের অবস্থান তাদের পারমাণবিক সংখ্যাক্রম ও ইলেকট্রন বিন্যাসের পর্যায়বৃত্ততার উপর নির্ভরশীল। আবার একই গ্রুপে অন্তর্ভুক্ত মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসে দেখা যায় যে, তাদের সর্ববহিস্থ স্তরে একই সংখ্যক ইলেকট্রন বিদ্যমান; যেমন গ্রুপ IA মৌলসমূহের প্রত্যেকের সর্ববহিস্থ স্তরে $s^1$ ইলেকট্রন রয়েছে এবং গ্রুপ IIA মৌলসমূহের প্রত্যেকের বেলায় $s^2$ ইলেকট্রন থাকে। গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের ধর্মাবলি গ্রুপ IIA-এর মৌলসমূহের ধর্মাবলি থেকে ভিন্ন; কিন্তু প্রত্যেক গ্রুপের মৌলসমূহের মধ্যে বেশ সাদৃশ্য দেখা যায়। এতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, মৌলসমূহের ধর্মাবলি তাদের সর্ববহিস্থ স্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল। তাই মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রমবৃদ্ধি তথা ইলেকট্রন বিন্যাসের পরিবর্তনের ফলে গ্রুপ ও পর্যায়ে তাদের অবস্থানের যেমন পরিবর্তন ঘটে; অনুরূপভাবে তাদের ধর্মের মধ্যেও পরিবর্তন ঘটে।

অনুচ্ছেদ ৩.৮–এ মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে পর্যায়বৃত্ততা আলোচনায় দেখা যায় যে, গ্রুপ IA এর সব মৌলের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^1$ অর্থাৎ তাদের যোজ্যতা স্তরে একটি মাত্র ইলেকট্রন আছে। গ্রুপ IA মৌলসমূহের ধর্মের মধ্যে নিম্নরূপ সদৃশ ধর্ম দেখা যায়। যেমন, (i) বিজারকরূপে তারা ক্রিয়া করে; (ii) তাদের যোজনী 1 এবং তারা একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন যেমন $Li^+$, $Na^+$, $K^+$ গঠন করে; (iii) তাদের ধাতব বন্ধনে একমাত্র ইলেকট্রন থাকায় সবই নরম ধাতু; (iv) তাদের আয়নীকরণ বিভব কম হওয়ায় তারা খুবই সক্রিয় ধাতু; (v) তারা প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না, তারা বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে অক্সাইডে পরিণত হয়, পানির সাথে সহজেই বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইড ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে।

http://pdfcorner.com

অনুরূপভাবে, গ্রুপ VIIA মৌলসমূহের প্রত্যেকের সর্ববহিস্থ স্তরে $ns^2np^5$ অর্থাৎ তাদের যোজ্যতা স্তরে সাতটি ইলেকট্রন আছে। এরূপ সদৃশ ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য গ্রুপ VIA মৌলসমূহের নিম্নরূপ সদৃশ ধর্ম দেখা যায়। যেমন– (i) জারকরূপে তারা ক্রিয়া করে; (ii) তাদের যোজনী 1 এবং তারা একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন যেমন $F^-$, $Cl^-$, $Br^-$ গঠন করে; (iii) সবই অধাতু; তাদের মধ্যে $F_2$, $Cl_2$ হল গ্যাস, $Br_2$ হল লাল বর্ণের তরল এবং $I_2$ হল গাঢ় বেগুনি বর্ণের কঠিন; (iv) তাদের ইলেকট্রন আসক্তি খুবই বেশি হওয়ায়, তারা খুবই সক্রিয় অধাতু, (v) তারা ধাতুর সাথে আয়নিক বন্ধন দ্বারা ধাতব হ্যালাইড যেমন NaF, NaCl, KBr, KI গঠন করে।

যৌগে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি নির্ভর করে তাদের আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ–ঋণাত্মকতা ইত্যাদির উপর। আবার মৌলসমূহের এসব ধর্মাবলি নির্ভর করে তাদের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর। এছাড়া যৌগের ধর্মাবলি নির্ভর করে রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতির উপর। সুতরাং মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনিক গঠন পর্যায় সারণিতে তাদের অবস্থান যেমন নির্ধারণ করেছে; তেমনি পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান জেনে তাদের ও তাদের যৌগসমূহের ধর্মাবলি সম্বন্ধে অনেক ধারণা পাওয়া যায়। এ সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে ১৪শ অধ্যায়, ১৬শ অধ্যায় ও ১৭শ অধ্যায়ে।

## ৩.১১। পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান
## Position of Hydrogen in Periodic Table

পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান নিয়ে এখনো বিতর্ক রয়েছে। প্রথমদিকে এ মৌলকে গ্রুপ I A-এর সদস্য হিসেবে বিবেচনা করা হত। কিন্তু একই সাথে গ্রুপ VII A মৌলসমূহের সাথে অনেক ধর্মের সামঞ্জস্যের কারণে সেখানে রাখার পক্ষেও যুক্তি দেখানো হয়। বর্তমানে অধিকাংশ বিজ্ঞানী এ মৌলকে উভয় স্থানে রাখার পক্ষপাতী।

**(ক) হাইড্রোজেনকে গ্রুপ I A-তে ক্ষার ধাতুর সঙ্গে স্থান দেওয়ার পক্ষে যুক্তিসমূহ নিম্নরূপ ঃ**

১। **যোজ্যতা ইলেকট্রন ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহ যেমন, Li, Na, K, Rb প্রভৃতির ন্যায় হাইড্রোজেনেরও একটিমাত্র যোজ্যতা ইলেকট্রন আছে। যেমন,

$$Li\ (3) = 1s^2\ \boxed{2s^1} \quad Na\ (11) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^1}, \quad H\ (1) = \boxed{1s^1}$$

২। **তড়িৎ ধনাত্মকতা ঃ** ক্ষার ধাতুর ন্যায় H মৌলটি তড়িৎ–ধনাত্মক; ফলে সহজেই ইলেকট্রন ত্যাগ করে তা ধনাত্মক হাইড্রোজেন আয়ন বা প্রোটন ($H^+$)-এ পরিণত হয়। যেমন,

$$Na \rightarrow Na^+ + e^-; \quad H \rightarrow H^+ + e^-$$

৩। **ধাতুর মত হ্যালাইড গঠন ঃ** ক্ষার ধাতুর ন্যায় হাইড্রোজেনও ঋণাত্মক হ্যালোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে হ্যালাইড গঠন করে; যেমন, NaCl, HCl।

৪। **ক্যাথোডে বিজারণ ঃ** ক্ষার ধাতুর হ্যালাইডের গলিত তরলকে যেমন গলিত NaCl–কে তড়িৎ–বিশ্লেষণ করলে সংশ্লিষ্ট **ধাতু যেমন Na ধাতু ক্যাথোডে জমা হয়;** তেমনি হাইড্রোজেন হ্যালাইড যেমন HCl-এর দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলেও $H_2$ ক্যাথোডে জমা হয়।

৫। **বিজারণ ধর্ম ঃ** ক্ষার ধাতু বা যে কোন **ধাতুর মত হাইড্রোজেনও** একটি শক্তিশালী **বিজারক**।

Na ধাতু দ্বারা $Cl_2$ এর বিজারণ ঃ $Cl_2(g) + 2Na(s) \rightarrow 2NaCl(s)$

$H_2$ দ্বারা $Cl_2$ এর বিজারণ ঃ $Cl_2(g) + H_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$

**(খ) হাইড্রোজেনকে গ্রুপ VII A-তে হ্যালোজেনের সঙ্গে স্থান দেওয়ার পক্ষে যুক্তিসমূহ নিম্নরূপ ঃ**

১। **অধাতু ঃ** হ্যালোজেনসমূহ যেমন ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ন্যায় হাইড্রোজেনও একটি **অধাতু।**

২। **পরমাণুকত্ব ঃ** হ্যালোজেনসমূহের মত হাইড্রোজেনও **দ্বি–পরমাণুক**। যেমন, $Cl_2$, $Br_2$, $H_2$



http://pdfcorner.com

৩। **ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** প্রত্যেক হ্যালোজেন সদস্যের পরমাণুর ন্যায় হাইড্রোজেন পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে এর নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়াম পরমাণুর চেয়ে **একটি ইলেকট্রন কম আছে।**

৪। **ধাতব হাইড্রাইড গঠন ঃ** হ্যালোজেন যেমন ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ধাতব হ্যালাইড (যেমন NaCl) গঠন করে; তেমনি হাইড্রোজেনও ঋণাত্মক **হাইড্রাইড আয়ন** ($H^-$) উৎপন্ন করে **ধাতব হাইড্রাইড** (যেমন NaH) সৃষ্টি করে।

৫। **প্রোটন সংখ্যার ক্রম ঃ** হাইড্রোজেনের প্রোটন সংখ্যা ১ এবং হিলিয়ামের প্রোটন সংখ্যা হল ২; সুতরাং হিলিয়ামের ঠিক পূর্বেই অর্থাৎ গ্রুপ VIIA-তে ফ্লোরিনের উপরে H-এর স্থান হওয়া উচিত।

৬। **যোজনী ঃ** হ্যালোজেনসমূহের মত হাইড্রোজেনও একযোজী। যেমন, HCl

## ৩.১১.১। পর্যায় সারণিতে একটি মৌলের একটি মাত্র স্থান
### One Position for one Element in Periodic Table

আধুনিক পর্যায় সূত্র ও পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে সুস্পষ্ট যে, পর্যায় সারণিতে একটি মৌল একটি মাত্র স্থান দখল করতে পারবে—একাধিক নয়। কারণ–

(১) মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা একটি ক্রমিক সংখ্যা এবং গাণিতিক নিয়মে প্রতিটি সংখ্যার একটি মাত্রা ও বৈশিষ্ট্য আছে।

(২) মৌলের পরমাণুসমূহের পরিচিতি হল তাদের সুনির্দিষ্ট পারমাণবিক সংখ্যা। যেমন H এর পারমাণবিক সংখ্যা হল 1; তাই পর্যায় সারণির ক্রমিক স্থানগুলোর প্রথমেই H এর স্থান নির্দিষ্ট। অনুরূপভাবে Na এর পারমাণবিক সংখ্যা 11, তাই ক্রমিক স্থান দশের পরেই Na এর স্থান নির্দিষ্ট।

(৩) মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা যত, ঐ মৌলের পরমাণুতে ঠিক ততটি ইলেকট্রন থাকে। আবার পরমাণুতে ঐ ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন প্রধান শক্তিস্তর ও উপশক্তিস্তরে নির্দিষ্ট নিয়মে সজ্জিত থাকে। এক্ষেত্রে মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্ববহিস্থ প্রধান শক্তিস্তরের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা এবং এর বিভিন্ন উপশক্তিস্তরের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা যথাক্রমে পর্যায় সারণিতে মৌলটির পর্যায় ও গ্রুপ নির্দেশিত নির্দিষ্ট স্থানটিকে বোঝায়। তাই প্রতিটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে প্রধান শক্তিস্তর ও উপশক্তিস্তরে ইলেকট্রন প্রবেশের ভিন্নতার জন্য ঐ মৌলটির স্থান পর্যায় সারণিতে নির্দিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন স্থানে হয়। যেমন,

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক সংখ্যা হল 7 এবং ইলেকট্রন বিন্যাস N (7) = $1s^2$ $\boxed{2s^2\ 2p^3}$ হতে দেখা যায় যে, এর সর্ববহিস্থ প্রধান শক্তিস্তর হল $2s^2\ 2p^3$। এতে প্রধান শক্তিস্তর হল ২য় এবং s ও p অরবিটালে মোট ইলেকট্রন আছে ৫টি। তাই পর্যায় সারণিতে N এর স্থান ২য় পর্যায়ের VA গ্রুপে। [ উল্লেখ্য যোজ্যতা ইলেকট্রন s ও p অরবিটালে থাকলে সাব-গ্রুপ A এবং d অরবিটালে থাকলে সাব-গ্রুপ B হয়।]

সুতরাং পর্যায় সারণিতে একটি মৌলের জন্য একটি মাত্র স্থান নির্দিষ্ট।

## ৩.১১.২। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ ও পর্যায় সারণিতে তাদের অবস্থান
### Inert Gases and Their Position in Periodic Table

পর্যায় সারণির ৬টি মৌল যেমন হিলিয়াম ($_2$He), নিয়ন ($_{10}$Ne), আরগন ($_{18}$Ar), ক্রিপটন ($_{36}$Kr), জেনন ($_{54}$Xe) ও রেডন ($_{86}$Rn) কে একত্রে **নিষ্ক্রিয় গ্যাস** বলা হয়। কারণ এসব মৌল অন্য কোন মৌলের সাথে সহজে বিক্রিয়া করে না এবং নিষ্ক্রিয়তার কারণে তারা এক–পরমাণুক গ্যাসরূপে থাকে। নিষ্ক্রিয়তার কারণে তাদেরকে পৃথকভাবে পর্যায় সারণিতে 0 (শূন্য) গ্রুপে স্থান দেয়া হয়েছে। তাদের **নিষ্ক্রিয়তার কারণ** ও 0 (শূন্য) গ্রুপে অবস্থান সম্পর্কে যুক্তিসমূহ নিম্নরূপ ঃ

http://pdfcorner.com

**(১) মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও নিষ্ক্রিয়তা ঃ** নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের প্রত্যেকের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর বা যোজ্যতাস্তর ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে। যোজ্যতাস্তর প্রথম শক্তিস্তর হলে দুটি ইলেকট্রন এবং ২য় শক্তিস্তর থেকে পরবর্তী যোজ্যতাস্তর আটটি করে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ আছে। যেমন–

He (2) = $\boxed{1s^2}$

Ne (10) = $1s^2$ $\boxed{2s^2\ 2p^6}$

Ar (18) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ $\boxed{3s^2\ 3p^6}$

Kr (36) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ $\boxed{4s^2\ 4p^6}$

Xe (54) = [Kr] $4d^{10}$ $\boxed{5s^2\ 5p^6}$

Rn (86) = [Xe] $4f^{14}\ 5d^{10}$ $\boxed{6s^2\ 6p^6}$

(i) উপরিউক্ত ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে সুস্পষ্ট যে, He এর পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ২টি ইলেকট্রনের **ডুপ্লেট** বা দ্বিত্বপূর্ণ আছে এবং অন্যান্য পরমাণুর বেলায় যোজ্যতা স্তরে ৮টি ইলেকট্রনের **অক্টেট বা অষ্টক** পূর্ণ হয়েছে।

(ii) He এর বেলায় $1s^2$ এবং পরবর্তী মৌলসমূহের বেলায় $ns^2np^6$ অধিকতর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস–এর কারণে এ সব মৌলের আয়নীকরণ বিভব পর্যায়ভিত্তিকভাবে সর্বাধিক এবং ইলেকট্রন আসক্তি প্রায় শূন্য। এ সব কারণে তারা অন্য মৌলের সাথে ইলেকট্রন আদান–প্রদান বা শেয়ারিং করে না অর্থাৎ রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়; অপর কোন পরমাণুর সাথে বন্ধনে আবদ্ধ হয় না। তাই তাদের যোজনী সংখ্যা 0 (শূন্য) ধরা হয়; এবং পর্যায় সারণিতে 0 (শূন্য) গ্রুপে তাদের স্থান দেয়া হয়েছে।

**(২) পর্যায় সারণিতে শূন্য গ্রুপের অবস্থান ঃ**

(i) পর্যায় সারণিতে ক্ষার ধাতুসমূহ সর্বাধিক তড়িৎ ধনাত্মক এবং তাদেরকে গ্রুপ IA এ স্থান দেয়া হয়েছে। অপরদিকে হ্যালোজেনসমূহ সর্বাধিক তড়িৎঋণাত্মক এবং তাদেরকে গ্রুপ VIIA এ স্থান দেয়া হয়েছে। যে কোন পর্যায় শুরু হয় সর্বাধিক তড়িৎধনাত্মক মৌল সহযোগে এবং তা শেষ হয় সর্বাধিক তড়িৎঋণাত্মক মৌল হ্যালোজেন সহযোগে। তাই তড়িৎধনাত্মক মৌল ও তড়িৎঋণাত্মক মৌল এ উভয় শ্রেণীর মধ্যবর্তী স্থানে একটি তড়িৎনিরপেক্ষ মৌল শ্রেণী থাকা স্বাভাবিক। তাই গ্রুপ VIIA ও গ্রুপ IA এর মাঝখানে তড়িৎনিরপেক্ষ নিষ্ক্রিয় মৌলসমূহের 0 (শূন্য) গ্রুপের অবস্থান যুক্তিযুক্ত হয়েছে।

**(ii) যোজনী ও জারণ সংখ্যাভিত্তিক ঃ** পর্যায় সারণির একই পর্যায়ে বাম দিক থেকে ডান দিকে অগ্রসর হলে মৌলসমূহের যোজনী সংখ্যা ও জারণ সংখ্যার পরিবর্তন সাধারণত নিম্নরূপে ঘটে। যেমন,

| গ্রুপসমূহ ঃ | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | 0 গ্রুপ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ৩য় পর্যায় ঃ | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
| যৌগসমূহ ঃ | LiCl | $BeCl_2$ | $BCl_3$ | $CCl_4$ | $NH_3$ | $H_2O$ | HF | — |
| যোজনী সংখ্যা ঃ | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| জারণ সংখ্যা ঃ | +1 | +2 | +3 | +4 | –3 | –2 | –1 | 0 |

গ্রুপ IA মৌলের যোজনী হল 1 এবং জারণ সংখ্যা +1; গ্রুপ IIA এর যোজনী 2 এবং জারণ সংখ্যা +2। এরূপে যোজনী ও জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে যথাক্রমে 4 ও +4 হওয়ার পর গ্রুপ VA থেকে ক্রম–হ্রাস পেয়ে গ্রুপ VIIA তে যথাক্রমে 1 ও –1 হয়েছে। যোজনী ও জারণ সংখ্যা হ্রাসের এ ধারাবাহিকতায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বেলায় তা শূন্য হওয়া উচিত। তাই হ্যালোজেনের ঠিক পরেই শূন্যযোজী নিষ্ক্রিয় গ্যাস এর অবস্থান 0 (শূন্য) গ্রুপে হওয়া খুবই সঠিক।

http://pdfcorner.com

## ৩.১২। ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান নির্ণয়
### Determination of Position of Elements in Periodic Table from Electronic Configuration

**যেহেতু পর্যায় সারণির সত্যিকার ভিত্তি হচ্ছে ইলেকট্রন বিন্যাস সেহেতু যে কোন মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে তার অবস্থান সহজেই বের করা যায়।** কোন মৌলের সত্যিকার ইলেকট্রন বিন্যাস জানা না থাকলেও অরবিটালের শক্তি ক্রম অনুযায়ী তার ইলেকট্রন বিন্যাস লিখে পর্যায় সারণিতে এর স্থান নির্ণয় করা হয়। এ ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করতে হবে।

**(ক) পর্যায় সংখ্যা নির্ণয় ঃ মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 'n' এর মান মৌলের পর্যায় সংখ্যা নির্দেশ করে।** যেমন Na (11)এর ইলেকট্রন বিন্যাস Na (11) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ হতে দেখা যায়; এতে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n = 3। সুতরাং Na মৌলটি ৩য় পর্যায়ে অবস্থিত।

**(খ) গ্রুপ সংখ্যা নির্ণয় ঃ** কোন্ গ্রুপে মৌলটি অবস্থিত তা নির্ধারণের জন্য মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাসগত শ্রেণী ও যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা জানা প্রয়োজন। যেমন,

(১) **s-ব্লক ও p-ব্লক মৌল** (অর্থাৎ প্রতিরূপী মৌল) সমূহের বেলায়, সর্ববহিঃস্থ s ও p অরবিটালের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা তাদের গ্রুপ সংখ্যা ও উপশ্রেণী A নির্দেশ করে। যেমন ইলেকট্রন বিন্যাসে $ns^1$ দ্বারা গ্রুপ IA, $ns^2$ দ্বারা গ্রুপ IIA, $ns^2np^1$ দ্বারা গ্রুপ IIIA, $ns^2np^2$ দ্বারা গ্রুপ IVA ইত্যাদি বোঝায়। কিন্তু $ns^2np^6$ (He এর বেলায় $1s^2$) দ্বারা গ্রুপ 0 এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস বোঝায়।

(২) **d-ব্লক মৌল** সমূহের বেলায়, $(n-1)d\ ns$ অরবিটাল দুটির মোট ইলেকট্রন সংখ্যা দ্বারা তাদের গ্রুপ সংখ্যা ও উপশ্রেণী B নির্দেশ করে। যেমন $(n-1)d^1\ ns^2$ দ্বারা গ্রুপ IIIB এবং $(n-1)d^2\ ns^2$ দ্বারা গ্রুপ IVB ইত্যাদি বোঝায়। আবার এক্ষেত্রে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 8, 9 বা 10 হলে তখন গ্রুপ VIII হবে; কিন্তু মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 11 ও 12 হলে তখন যথাক্রমে গ্রুপ IB ও গ্রুপ IIB হবে; অর্থাৎ $(n-1)d^{10}\ ns^1$ এর বেলায় গ্রুপ IB এবং $(n-1)d^{10}\ ns^2$ এর বেলায় গ্রুপ IIB হবে।

(৩) **f-ব্লক মৌল** সমূহের বেলায়, তাদের গ্রুপ সংখ্যা IIIB হবে। নিচের সাতটি উদাহরণ দ্বারা উপরোক্ত নিয়মসমূহ ব্যাখ্যা করা হল। যেমন,

উদাহরণ ঃ

| | |
|---|---|
| Na(11) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^1}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-IA |
| Cl(17) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^5}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-VIIA |
| Ar(18) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-0 |
| Cr(24) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^5\ 4s^1}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-VIB |
| Ni(28) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^8\ 4s^2}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-VIII |
| Cu(29) → $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}\ 4s^1}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-IB |
| Ce(58) → [Xe (54)] $\boxed{4f^2\ 6s^2}$ | এর পর্যায় সংখ্যা = 6; গ্রুপ-IIIB |

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩। পর্যায় সারণিতে নিম্নোক্ত পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলসমূহের অবস্থান নির্ণয় কর ঃ**

**(ক) 18 (খ) 22 (গ) 29 (ঘ) 48 (ঙ) 16 (চ) 59**

**সমাধান ঃ** (ক) পারমাণবিক সংখ্যা 18 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6}$। সুতরাং এটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। অতএব এটি **শূন্য গ্রুপে** অবস্থিত। যেহেতু ইলেকট্রন বিন্যাস সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3, সেহেতু মৌলটির **অবস্থান ৩য় পর্যায়ে।**

(খ) পারমাণবিক সংখ্যা 22 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^2\ 4s^2}$। যেহেতু সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, সেহেতু মৌলটি **চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত**। অসম্পূর্ণ d অরবিটাল ($3d^2$) হতে বোঝা যায় যে এটি অবস্থান্তর মৌল। সুতরাং এর উপশ্রেণী হচ্ছে B। 3d ও 4s অরবিটালে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা (2 + 2) = 4। অতএব এটি **IVB গ্রুপের** সদস্য।

(গ) পারমাণবিক সংখ্যা 29 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ \boxed{3d^{10}\ 4s^1}$। যেহেতু সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, **সেহেতু মৌলটি চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত**। $3d^{10}\ 4s^1$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকায় এটি **IB গ্রুপের সদস্য**।

(ঘ) পারমাণবিক সংখ্যা 48 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ \boxed{4d^{10}\ 5s^2}$। যেহেতু সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 5, সেহেতু মৌলটি **৫ম পর্যায়ে অবস্থিত**। $4d^{10}\ 5s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে এটি **IIB গ্রুপে অবস্থিত**।

(ঙ) পারমাণবিক সংখ্যা 16 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^4}$। সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3 হওয়ায় মৌলটি **৩য় পর্যায়ে অবস্থিত**। এটি একটি প্রতিরূপী মৌল, অতএব এটি A উপশ্রেণীর সদস্য। 3s ও 3p অরবিটালে সর্বমোট ইলেকট্রন সংখ্যা (2 + 4) = 6 হওয়ায় এটি **VIA গ্রুপে অবস্থিত**।

(চ) পারমাণবিক সংখ্যা 59 বিশিষ্ট মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ \boxed{4f^3}\ 5s^2\ 5p^6\ 6s^2$। সর্বোচ্চ কোয়ান্টাম সংখ্যা 6 হওয়ায় মৌলটি **৬ষ্ঠ পর্যায়ে অবস্থিত**। আংশিক পূর্ণ 4f অরবিটাল থাকায় এটি একটি **আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল**। অতএব এটি **গ্রুপ IIIB–এর অন্তর্ভুক্ত**।

## ৩.১৩। সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি
## Most Modern Periodic Table

১৯৮৯ খ্রিস্টাব্দে আন্তর্জাতিক রসায়নবিদদের সংগঠন IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিকে উন্নত করে সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি অনুমোদন করেন। এ পর্যায় সারণিতে রোমান I, II প্রভৃতি ব্যবহার না করে ইংরেজি সংখ্যা 1 হতে 18 দ্বারা গ্রুপ বা শ্রেণীসমূহকে চিহ্নিত করা হয়েছে। ফলে এতে A ও B উপশ্রেণী আর নেই। এছাড়া অষ্টম গ্রুপে তিনটি করে মৌলের অন্তর্ভুক্তজনিত অসামঞ্জস্য থাকবে না।

**সর্বাধুনিক পর্যায় সারণির ভিত্তি ঃ** পারমাণবিক সংখ্যাভিত্তিক আধুনিক পর্যায় সূত্র এ সারণির প্রাথমিক ভিত্তি হলেও এক্ষেত্রে **মৌলের পরমাণুর বহিঃস্তরের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা মতে মৌলের গ্রুপ সংখ্যা** নির্ধারিত হয়েছে। ফলে একটি পর্যায়ে পরমাণুর বহিঃস্তরে $ns^1$ থেকে শুরু করে $(n-1)\ d^{10}\ ns^2\ np^6$ পর্যন্ত ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট মোট ১৮টি মৌলের স্থান দেয়া সম্ভব হয়েছে। যেমন চতুর্থ পর্যায়ের ১ম মৌল K(19) এর বহিঃস্তরে $4s^1$ ইলেকট্রন দিয়ে শুরু এবং এ পর্যায়ের ১৮তম শেষ মৌল Kr (36) এর বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6$। অর্থাৎ সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে ৪র্থ পর্যায়ের ১৮টি মৌল গ্রুপ–1 থেকে শুরু করে গ্রুপ–18 তে গিয়ে শেষ হয়। নিম্নে সারণি ৩.৬–এ **সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি** দেখানো হল।

http://pdfcorner.com

# IUPAC Periodic Table of the Elements [upto 21–01–2011)

## সারণি ৩.৬

## সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি

| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১ H | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 2 He |
| 3 Li | 4 Be | | atomic number → 6 | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| | | | Symbol → C | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 Na | 12 Mg | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | 57-71 lanthanoids | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | 89-103 actinoids | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | 111 Rg | 112 Cn | 113 Uut | 114 Uuq | 115 Uup | 116 Uuh | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lanthanoids | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu |
| Actinoids | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr |

**Note :** বিজ্ঞানী Wilhelm Roentgen এর উদ্দেশ্যে সম্মান প্রদর্শন করে IUPAC কর্তৃক Nov. 1, 2004 তারিখে 111 পাঃ সংখ্যার মৌলটিকে রঞ্জেনিয়াম (Roentgenium) নামকরণ করা হয়। জ্যোতির্বিজ্ঞানী Nicolous Copernicus এর উদ্দেশ্যে তাঁর জন্ম দিনে সম্মান প্রদর্শন করে IUPAC কর্তৃক 19.2.2010 তাং পর্যন্ত 112 পাঃ সংখ্যার মৌলটিকে কোপারনিসিয়াম (Copernicium) নামকরণ করা হয়। 113 থেকে 116 পাঃ সংখ্যার মৌলগুলো তৈরির খবর জানা গেলেও IUPAC/IUPAP দ্বারা মৌলগুলোর আবিষ্কার এখনও নিশ্চিতভাবে স্বীকৃত হয়নি। তাই ল্যাটিন সংখ্যাভিত্তিক নাম দেয়া হয়েছে; যেমন 113 হল Ununtrium (Uut), 114 হল Ununquadium (Uuq), 115 হল Ununpentium (Uup), 116 হল Ununhexium (Uuh), 117 হবে Ununseptium (Uus), 118 হবে Ununoctium (Uuo)।

**Source** http : w.w.w. iupac. Org/publications/ci/2004/2601/2 holden html (24–04–2004). This version is dated. 21 Jan. 2011.

http://pdfcorner.com

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **পর্যায় সারণি ঃ** একই ধরনের ধর্মবিশিষ্ট মৌলসমূহকে একই শ্রেণীভুক্ত করে সব মৌলকে স্থান দিয়ে যে সারণি বর্তমানে প্রচলিত, তাকে পর্যায় সারণি বলা হয়। অনেক বিজ্ঞানীর অক্লান্ত পরিশ্রমের সম্মিলিত ফল হচ্ছে এ সারণি। তবে রাশিয়ান বিজ্ঞানী মেন্ডেলিফের অবদান খুব বেশি বলে তাঁকেই সাধারণত পর্যায় সারণির জনক বলা হয়। **আধুনিক পর্যায় সারণিকে সাতটি অনুভূমিক সারি বা পর্যায় এবং আঠারটি খাড়া স্তম্ভে বিভক্ত করা হয়েছে।**

✪ **পর্যায় সারণির ভিত্তি ঃ** প্রথম দিকে মৌলসমূহের পারমাণবিক ভরকে পর্যায় সারণির ভিত্তি হিসেবে ধরা হলেও তা সঠিক ছিল না। পরবর্তীতে পারমাণবিক সংখ্যা আবিষ্কৃত হওয়ার পর তা পর্যায় সারণির ভিত্তি হিসেবে স্বীকৃতি লাভ করে। বর্তমানে এটা স্পষ্ট যে, **মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসই পর্যায় সারণির সত্যিকার ভিত্তি।**

✪ **ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ ঃ** দুভাবে এ শ্রেণীবিভাগ করা যায়। একটি নিয়মে মৌলসমূহকে s–ব্লক, p-ব্লক, d–ব্লক ও f–ব্লক মৌল হিসেবে শ্রেণীবিভাগ করা হয়। মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি s, p, d বা f কোন ধরনের অরবিটালে প্রবেশ করে তার উপর নির্ভর করে এ শ্রেণীবিভাগ করা হয়। আবার মৌলসমূহকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস, প্রতিরূপী মৌল, অবস্থান্তর মৌল ও আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল এ চারটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। আংশিকভাবে পূর্ণ f অরবিটাল বিশিষ্ট মৌলসমূহকে আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল, আংশিকভাবে পূর্ণ d অরবিটাল বিশিষ্ট মৌলসমূহকে অবস্থান্তর মৌল, সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে $s^2p^6$ ইলেকট্রনবিন্যাস বিশিষ্ট মৌলসমূহকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস এবং অন্যান্য মৌলসমূহকে প্রতিরূপী মৌল বলা হয়।

✪ **ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান নির্ণয় ঃ** কোন মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা যত, মৌলটির অবস্থান তত-তম পর্যায়ে। প্রতিরূপী মৌলসমূহের ক্ষেত্রে মৌলের সর্ববহিস্থ স্তরে যতটি ইলেকট্রন বিদ্যমান, তত সংখ্যক A গ্রুপে তার অবস্থান। অবস্থান্তর মৌলের ক্ষেত্রে (n–1) d ও ns অরবিটালে সর্বমোট যতটি ইলেকট্রন আছে, তত সংখ্যক B গ্রুপে তার অবস্থান। আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলের অবস্থান III B গ্রুপে।

✪ **সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি ঃ** ১৯৮৯ খ্রিস্টাব্দে IUPAC অনুমোদিত পর্যায় সারণিতে সাতটি পর্যায় ও আঠারটি গ্রুপ ইংরেজি সংখ্যায় চিহ্নিত করা হয়েছে (সারণি ৩.৬ দ্রষ্টব্য)। সারণির নিচে ল্যান্থানয়ডস ও অ্যাকটিনয়ডস সিরিজ নামে দুটি সিরিজে পনেরটি করে মোট ত্রিশটি মৌল রয়েছে।

## অনুশীলনী–৩ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির সাফল্য বা উপকারিতা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।
(খ) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণির সীমাবদ্ধতা বা ত্রুটিসমূহ লেখ।

২। (ক) আধুনিক পর্যায় সূত্রটি লেখ। [ঢা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯]
(খ) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির মূলভিত্তিসমূহ লেখ।
(গ) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৩। (ক) মৌলের পর্যায়বৃত্ততা কী? পর্যায় সারণির মূল পর্যায়বৃত্ততা হল মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস; তা ব্যাখ্যা কর।
অথবা, পর্যায় সারণিতে পর্যায়গত পুনরাবৃত্তি মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস–এর উপর নির্ভরশীল;—এর পক্ষে যুক্তি দেখাও।
অথবা, 'পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের সজ্জিতকরণে মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসই শ্রেষ্ঠতর ভিত্তি'—ব্যাখ্যা কর।
[চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৯, ২০১১]

৪। ইলেকট্রন বিন্যাসের আলোকে মৌলের শ্রেণীবিন্যাস আলোচনা কর। [ঢা. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৯]

৫। (ক) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান গ্রুপ IA এবং VIIA উভয়ই স্থানে হতে পারে; যুক্তিসহকারে এর যথার্থতা আলোচনা কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০১০; চ. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০০৭, ২০১০; ব. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১১; দি. বো. ২০১১]
(খ) পর্যায় সারণিতে গ্রুপ VII A তে হাইড্রোজেনের অবস্থানের পক্ষে চারটি যুক্তি দাও।

৬। (ক) নিষ্ক্রিয় গ্যাস কী? পর্যায় সারণিতে শূন্য গ্রুপে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অবস্থানের যৌক্তিকতা ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; র. বো. ২০০৬, ২০১১; সি. বো. ২০০৭]
(খ) আধুনিক পর্যায় সূত্রটি লেখ। পর্যায় সারণিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের শূন্য গ্রুপের অবস্থান সম্বন্ধে আলোচনা কর।
(গ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮]

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান নির্ণয় এবং কোন ধরনের মৌল তা উল্লেখ কর ঃ

(ক) N (7) [য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬]
(খ) O (8) [ব. বো. ২০০৮]
(গ) Na (11) [ব. বো. ২০০৬]
(ঘ) Al (13) [চ. বো. ২০১০]
(ঙ) K (19) [কু. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৭]
(চ) Ca (20) [ঢা. বো. ২০১০]
(ছ) Sc (21) [কু. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৭]
(জ) Cr (24) [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০১০]
(ঝ) Mn (25) [সি. বো. ২০১০]
(ঞ) Fe (26) [চ. বো. ২০০৮]
(ট) Cu (29) [য. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮; দি. বো. ২০১১]
(ঠ) Zn (30)

২। (ক) আধুনিক পর্যায় সারণিতে মোট পর্যায় ও শ্রেণী বা গ্রুপের সংখ্যা কত?
(খ) দ্বিতীয় পর্যায় ও তৃতীয় পর্যায়ের সর্বশেষ মৌলের নাম কী?

৩। পর্যায় সারণিতে একটি মৌল একটি মাত্র স্থানে অবস্থান করে;—ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১০]

৪। (ক) কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 24টি প্রোটন আছে। পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ এবং পর্যায় সারণিতে এর অবস্থান নির্ণয় কর।
(খ) কোন মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে তার অবস্থান এবং তা কোন ধরনের মৌল তা কীভাবে ধারণা করা যায়, ব্যাখ্যা কর।

৫। (ক) অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা দাও। এদের ২টি সাধারণ ধর্ম উল্লেখ কর।
(খ) d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌলের মধ্যে পার্থক্য উদাহরণসহ লেখ। [য. বো. ২০০৯]
(গ) সকল অবস্থান্তর মৌলই d-ব্লক মৌল; কিন্তু সকল d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়।—ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৬, ২০০৯]
(ঘ) Sc ও Zn অবস্থান্তর মৌল নয় কেন? [চ. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৬। আধুনিক পর্যায় সারণির বা, আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির ৪টি ত্রুটি আলোচনা কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯; য. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; দি. বো. ২০০৯]

৭। (ক) পর্যায় সারণির ১ম পর্যায়ে ২টির বেশি মৌল থাকা সম্ভব নয়; তা ব্যাখ্যা কর।
(খ) পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ে ৮টি মৌল থাকে; তা ব্যাখ্যা কর।
(গ) পর্যায় সারণির ৩য় পর্যায়ে ৮টি মৌল থাকে; তা ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) পর্যায় সারণির ৪র্থ পর্যায়ে ১৮টি মৌল থাকে; তা ব্যাখ্যা কর।

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ : সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। বর্তমানে পারমাণবিক সংখ্যাকে ক্রমিক ও মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসকে মূলভিত্তি ধরে ১৯৭০ খ্রিস্টাব্দে IUPAC আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণি প্রকাশ করে, যা উচ্চ মাধ্যমিক বইয়ের প্রথমে দেয়া আছে। এতে কয়েকটি ব্লক আছে। এতে 22 থেকে 29 পাঃসংখ্যার ধাতুগুলোকে অবস্থান্তর ধাতুও বলা হয়।

(ক) আধুনিক পর্যায় সূত্রটি লেখ। ২০০৭ খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত IUPAC কর্তৃক অনুমোদিত 111 পারমাণবিক সংখ্যার মৌলটির নাম ও প্রতীক লেখ। ১

(খ) উদ্দীপক মতে, আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিটিকে মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস ভিত্তিক যে কয়টি ব্লকে ভাগ করা হয়েছে তাদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত 29 পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলটির নাম ও ইলেকট্রনবিন্যাস লেখ। পর্যায় সারণিতে এর অবস্থান নির্ণয় কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অবস্থান্তর মৌল কী? 29 পাঃসংখ্যার মৌলটির দ্বিধনাত্মক আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে এ মৌলটি একটি অবস্থান্তর মৌল তা ব্যাখ্যা কর। এর চারটি বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম উল্লেখ কর এবং ১টি ধর্মের উদাহরণসহ ব্যাখ্যা দাও। ৪

২। আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির (IUPAC, 1970) দুটি গ্রুপের মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে দেয়া হল।

| মৌল | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|
| Li (3) | [He] $2s^1$ |
| Na (11) | [Ne] $3s^1$ |
| K (19) | [Ar] $4s^1$ |
| Rb (37) | [Kr] $5s^1$ |

| মৌল | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|
| F (9) | [He] $2s^2\ 2p^5$ |
| Cl (17) | [Ne] $3s^2\ 3p^5$ |
| Br (35) | [Ar] $3d^{10}\ 4s^2\ 4p^5$ |
| I (53) | [Kr] $4d^{10}\ 5s^2\ 5p^5$ |

যাদের যোজ্যতা স্তরে $ns^1$ ইলেকট্রন আছে, তারা ধাতু এবং যাদের $ns^2np^5$ ইলেকট্রন আছে, তারা অধাতু। এসব ধাতুর আয়নীকরণ বিভব কম হয় এবং অধাতুসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি বেশি হয়। ধাতু ও অধাতুর এ উভয় প্রকার পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম রাসায়নিক বন্ধন গঠনে বিশেষ ভূমিকা রাখে।

(ক) প্রদত্ত মৌলগুলো পর্যায় সারণির কোন্ ব্লক ও কোন্ গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত? ১

(খ) প্রদত্ত মৌলগুলোকে সংশ্লিষ্ট ব্লক ও গ্রুপে রাখার পক্ষে যুক্তি দাও। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, মৌলের আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তি বলতে কী বুঝ? উদ্দীপকের ধাতব মৌলের আয়নীকরণ বিভব ও অধাতব মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি গ্রুপভিত্তিক আলোচনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, Na(11) ও F(9) মৌল দুটি কীরূপ বন্ধনে আবদ্ধ হবে তা তাদের আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪



http://pdfcorner.com

৩। IUPAC সংস্থার 1970 খ্রিস্টাব্দে অনুমোদিত দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে চারটি ব্লক এবং IA, IIA ইত্যাদি ষোলটি গ্রুপ আছে। একই গ্রুপের মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস ও রাসায়নিক ধর্মে মিল রয়েছে। 9, 17, 35, 53 পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলগুলোর একটি বিশেষ নাম আছে।

(ক) পর্যায় সারণির চারটি ব্লকের নাম ও উদাহরণ দাও। ১

(খ) উদ্দীপকে প্রদত্ত পারমাণবিক সংখ্যার মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস, এদের পর্যায়, গ্রুপ ও নাম লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, ঐ গ্রুপভুক্ত মৌলগুলোর বিশেষ নামটি কী এবং কেন? পারমাণবিক সংখ্যা 9 বিশিষ্ট মৌলটি সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল—ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের পারমাণবিক সংখ্যা 19 বিশিষ্ট মৌলের সাথে পারমাণবিক সংখ্যা 9 ও 17 বিশিষ্ট মৌলের যৌগের সংকেত লেখ। উভয় যৌগের দ্রবণ ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণসহ বিক্রিয়া লেখ। কোন্ ক্ষেত্রে অধঃক্ষেপ পড়ে এবং কোন্ ক্ষেত্রে অধঃক্ষেপ পড়ে না তা ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। নিম্নে তিনটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস দেয়া হল ঃ

$_{12}A \rightarrow 1s^2, 2s^2\ 2p^6, 3s^2$

$_{17}D \rightarrow 1s^2, 2s^2\ 2p^6, 3s^2\ 3p^5$

$_{19}E \rightarrow 1s^2, 2s^2\ 2p^6, 3s^2\ 3p^6\ 3d^0\ 4s^1$

(ক) A ও E মৌলের নাম, গ্রুপ ও পর্যায় সংখ্যা লেখ। ১

(খ) D মৌলের নিকটতম নিষ্ক্রিয় মৌল ও E মৌলের নিকটতম অবস্থান্তর মৌলের নাম ও ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২

(গ) A, D, E মৌল তিনটির পরমাণুর মধ্যে কোনটির আকার সবচেয়ে বড় ও সবচেয়ে ছোট হবে তা বোর পরমাণু মডেলে ও উদ্দীপকের ইলেকট্রন বিন্যাস সহযোগে কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, E মৌল ও D মৌলের প্রকৃতি উল্লেখ করে তাদের মধ্যে কোন প্রকারের রাসায়নিক বন্ধন ঘটবে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

৫। IUPAC সংস্থার 1970 খ্রিস্টাব্দে অনুমোদিত আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে চারটি ব্লক ও IA, IIA..... ইত্যাদি ১৬টি গ্রুপ ও ৭টি পর্যায় আছে। উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নে এরূপ একটি পর্যায় সারণি দেয়া আছে। X, Y ও Z মৌল তিনটি একই পর্যায়ভুক্ত এবং এদের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 11, 12, 13। X মৌলটি ক্ষার ধাতু। X, Y ও Z মৌল তিনটি প্রত্যেকেই ক্লোরিনের সাথে বন্ধনে আবদ্ধ হয়।

(ক) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি কী? ক্ষার ধাতুর সাহায্যে উদাহরণ দাও। ১

(খ) X মৌলটির গ্রুপভুক্ত অন্যান্য মৌল কী এবং তাদের পারমাণবিক আকারের সাথে গলনাঙ্কের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, একই পর্যায়ভুক্ত X, Y ও Z মৌল তিনটির মধ্যে ধাতু ধর্মের ক্রম পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, X, Y ও Z এর অক্সাইডের সংকেত লেখ। এদের অক্সাইডের প্রকৃতি থেকে ধাতব ধর্মের ক্রম পরিবর্তন রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ ব্যাখ্যা কর। X ও Z এর ক্লোরাইড লবণের গলনাঙ্কের তুলনা কর। ৪

৬। মৌলসমূহের পরমাণুর সর্ববহিঃস্তরের ইলেকট্রনবিন্যাস অনুসারে পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহকে ৪টি ব্লকে শ্রেণীবদ্ধ করা হয়েছে। প্রতিটি ব্লকের মৌলসমূহের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ইলেকট্রনীয় কাঠামো একদিকে তাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম যেমন নিয়ন্ত্রণ করে অপরদিকে এক ব্লক থেকে অপর ব্লকের মৌলসমূহে সম্পূর্ণ ভিন্ন ও বৈচিত্র্যময় বৈশিষ্ট্য সৃষ্টি করেছে। 3d ব্লকের পাঃসংখ্যা 22 থেকে 29 পর্যন্ত ধাতুসমূহকে অবস্থান্তর ধাতু বলে।

(ক) পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের ৪টি ব্লকের নাম ও তাদের মৌলসংখ্যা লেখ। ১

(খ) মোল ভগ্নাংশ কী? উদাহরণসহ তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, d–ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল বলতে কী বুঝ? সব অবস্থান্তর মৌল d–ব্লক মৌল হলেও সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়—ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, H মৌলটি কোন ব্লকভুক্ত? H মৌলটিতে দুটি ব্লকের মিশ্র ধর্ম আছে; তা প্রমাণের জন্য পর্যায় সারণিতে H মৌলটি গ্রুপ IA ও গ্রুপ VIIA উভয় স্থানে হতে পারে যুক্তিসহকারে এর যথার্থ ব্যাখ্যা কর। ৪

http://pdfcorner.com

৭। 1970 খ্রিস্টাব্দে IUPAC সংস্থা মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরে s, p, d, f অরবিটালে সর্বশেষ ইলেকট্রন অবস্থানভিত্তিক মৌলসমূহকে ৪টি ব্লকে বিন্যস্ত করে। তবুও এ আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে কিছু ত্রুটি যেমন— 'H' মৌল, গ্রুপ VIII এর মৌল, ল্যান্থানয়ডস্, অ্যাকটিনয়ডস্ এর অবস্থান পর্যায় সারণির ত্রুটি হিসেবে গণ্য হয়। এরপর 1989 খ্রিস্টাব্দে IUPAC সংস্থা সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-সংখ্যা বৃদ্ধি করে কিছু ত্রুটি দূর করে।

(ক) পলির বর্জন নীতি কী? ১

(খ) আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণিতে গ্রুপ সংখ্যা, পর্যায় সংখ্যা ও প্রতিটি পর্যায়ে মৌল সংখ্যা কত? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, 1970 খ্রিস্টাব্দ ও 1989 খ্রিস্টাব্দে IUPAC সংস্থা অনুমোদিত পর্যায় সারণির পার্থক্য কী? ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে ইতিপূর্বের কী কী ত্রুটি দূর হয়েছে? ল্যান্থানয়েডস্ ও অ্যাক্টিনয়েডস্ মৌলসমূহের বর্তমান অবস্থান সর্বাধুনিক পর্যায় সারণির নিচে থাকায় সমস্যার সমাধান হল না, এর পক্ষে তোমার যুক্তি দাও। ৪

৮। A, B, C হল তিনটি ভিন্ন গ্রুপের মৌল। হিলিয়াম বাদে, B মৌলকে যে কোন একটি নিষ্ক্রিয় মৌল ধরে A ও C মৌলকে নির্দিষ্ট কর। পর্যায় সারণিতে নিষ্ক্রিয় মৌলের অবস্থান অনুসারে 'B' মৌলটির বামে উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি সম্পন্ন অধাতব মৌল ও ডানে নিম্ন আয়নীকরণ বিভব সম্পন্ন ধাতব মৌলের অবস্থান। নিচে A, B, C এর সংশ্লিষ্ট কিছু তথ্য দেয়া হল ঃ

| মৌল | পাঃ সংখ্যা | যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস | | ঐ সব মৌলের পর্যায় ও গ্রুপ সংখ্যা | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Z – 1 | ... | ... | ... | ... |
| B | Z | | | | |
| C | Z + 1 | ... | ... | ... | ... |

(ক) নিষ্ক্রিয় গ্যাস কী? ১

(খ) উদ্দীপক মতে, A, B, C মৌল তিনটির নাম, প্রতীক, পাঃ সংখ্যা অনুসারে নির্দিষ্ট কর এবং সারণিটি কপি করে শূন্যস্থান পূর্ণ কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, ধাতুর আয়নীকরণ বিভব ও অধাতুর ইলেকট্রন আসক্তি বলতে কী বুঝ? প্রতিক্ষেত্রে A ও C মৌলের উদাহরণ ব্যবহার কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, A ও C এর মধ্যে কী প্রকারের রাসায়নিক বন্ধন ঘটে, তা যুক্তি সহকারে ব্যাখ্যা কর। ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞানস্তর ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। মেন্ডেলিফের প্রাথমিক পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি কী ছিল?
(ক) পারমাণবিক আকার (খ) পারমাণবিক ভর (গ) পারমাণবিক সংখ্যা (ঘ) ইলেকট্রন বিন্যাস

২। আধুনিক পর্যায় সারণির মূলভিত্তি কী কী?
(ক) পারমাণবিক সংখ্যা
(খ) পারমাণবিক সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাস
(গ) পারমাণবিক ভর সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাস
(ঘ) প্রোটন সংখ্যা

৩। কোন মৌলের পরমাণুর বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^5$ হলে ঐ মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণিতে কোন্ গ্রুপে হবে?
(ক) VA (খ) VB (গ) VIIA (ঘ) VII

http://pdfcorner.com

৪। কোন মৌলের পরমাণুর বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^6$ হলে ঐ মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণিতে কোন্ গ্রুপে হবে?
(ক) VIII গ্রুপ (খ) O গ্রুপ (গ) VI গ্রুপ (ঘ) VIB-গ্রুপ

৫। কোন মৌলের বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $3d^54s^1$ হলে ঐ মৌলের পর্যায় ও গ্রুপ সংখ্যা কত?
(ক) পর্যায় -4, গ্রুপ– VIB (খ) পর্যায় -4, গ্রুপ–I (গ) পর্যায় -3, গ্রুপ–IA (ঘ) পর্যায় -3, গ্রুপ–VIA

৬। ল্যান্থানয়েডস্ ও অ্যাকটিনয়েডস্ মৌলসমূহ পর্যায় সারণির কোন গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত?
(ক) Gr-IIIB (খ) Gr-VIA (গ) Gr-VIB. (ঘ) Gr-IIA

৭। ল্যান্থানয়েডস্ মৌলসমূহ কোন ব্লকের মৌল?
(ক) p-ব্লক (খ) d-ব্লক (গ) f-ব্লক (ঘ) d-ব্লক ও f-ব্লক

৮। কোন ধরনের মৌল জটিল যৌগ গঠন করতে পারে?
(ক) s-ব্লক মৌল (খ) অবস্থান্তর ধাতু (গ) p-ব্লকের মৌল (ঘ) অপধাতু

৯। সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে (1889 খ্রি.) কয়টি পর্যায় ও গ্রুপ আছে?
(ক) 9টি পর্যায়, 16টি গ্রুপ (খ) 7টি পর্যায়, 18টি গ্রুপ (গ) 7টি পর্যায়, 16টি গ্রুপ (ঘ) 9টি পর্যায়, 18টি গ্রুপ

১০। আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির অপর নাম হল—
(ক) মেন্ডেলিফ সারণি (খ) নিউল্যান্ড সারণি (গ) বোর সারণি (ঘ) মোসলে সারণি

১১। বোর সারণিতে 18টি খাড়া স্তম্ভ থাকলেও এতে গ্রুপ সংখ্যা কত—
(ক) 7 (খ) 10 (গ) 12 (ঘ) 16

১২। প্রকৃতিতে বিদ্যমান মৌলের সংখ্যা কয়টি—
(ক) 112 (খ) 92 (গ) 90 (ঘ) 109

১৩। 1 থেকে 92 পাঃসংখ্যার যে দুটি মৌল প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, এরা হল—
(ক) Tc(43), Ra(88) (খ) Tc(43), Pm(61) (গ) U(92), Rn(86) (ঘ) He(2), Fr(87)

১৪। অবস্থান্তর মৌলসমূহ কোন ব্লকের সদস্য—
(ক) s-ব্লক (খ) p-ব্লক (গ) d-ব্লক (ঘ) f-ব্লক

১৫। যে সব মৌলের ধনাত্মক আয়নে d-অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে, এদের নাম—
(ক) d-ব্লক মৌল (খ) অবস্থান্তর মৌল (গ) আন্তঃঅবস্থান্তর মৌল (ঘ) আদর্শ মৌল

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (খ) ৩। (গ) ৪। (খ) ৫। (ক) ৬। (ক) ৭। (গ) ৮। (খ) ৯। (খ) ১০। (গ) ১১। (ঘ) ১২। (গ) ১৩। (খ) ১৪। (গ) ১৫। (খ)

### খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion–MCQ) ঃ অনুধাবন, প্রয়োগ স্তরভিত্তিক ঃ

১। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের বেলায় যতই নিচের দিকে যাওয়া যায় ততই—
(i) ইলেকট্রনের একটি নতুন স্তর যুক্ত হয়, (ii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়,
(iii) যোজ্যতা ইলেকট্রন ($ns^1$) নিউক্লিয়াস থেকে দূরে সরে যাওয়ায় ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।
কোনটি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

২। দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত ১ম মৌল Li(3) এবং শেষ মৌল Ne(10)। এ পর্যায়ে বাম থেকে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ততই মৌলসমূহের বেলায়—
(i) ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, (ii) নতুন ইলেকট্রন স্তর যুক্ত হয়, (iii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।
নিচের কোন্‌টি সঠিক তা লেখ—
(ক) (i) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৩। একটি ধাতব মৌল $MCl_2$ ও $MCl_3$ দুটি স্থায়ী যৌগ গঠন করে। মৌলটির প্রকৃতি হবে—
(i) s-ব্লকভুক্ত (ii) অবস্থান্তর মৌল (iii) p-ব্লকভুক্ত।
নিচের কোন্‌টি সঠিক—
(ক) (i) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) (ঘ) (iii)

৪। ২১-০১-১১ ইং পর্যন্ত সর্বশেষ IUPAC কর্তৃক অনুমোদিত কৃত্রিম মৌল A এর তথ্যসমূহ নিম্নরূপ ঃ
(i) A মৌলটির নাম কোপারনিসিয়াম (Cn), (ii) A মৌলটির পাঃসংখ্যা 112, (iii) A হল d-ব্লক মৌল।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i)

৫। দীর্ঘ পর্যায় সারণির মূল ভিত্তিরূপে গণ্য করা হয়—
(i) পারমাণবিক সংখ্যানুক্রম, (ii) ইলেকট্রন বিন্যাস, (iii) ১টি মৌল ১টি স্থানে।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৬। পর্যায়সারণি ইলেকট্রনবিন্যাস ভিত্তিক যে চারটি ব্লকে বিভক্ত, এদের মধ্যে—
(i) s-ব্লক মৌল 14টি, (ii) p-ব্লক মৌল 30টি, (iii) d-ব্লক মৌল (Cn সহ) 41টি।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৭। আধুনিক দীর্ঘ পর্যায় সারণির ত্রুটিসমূহ হল—
(i) H এর অবস্থান, (ii) গ্রুপ-VIII, (iii) শূন্য গ্রুপের অবস্থান।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (iii)

৮। হ্যালোজেনসমূহ সম্বন্ধে নিম্নরূপ তথ্য দেয়া হল—
(i) এরা জারক পদার্থ, (ii) উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি, (iii) হাইড্রাসিড গঠন করে।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৯। গ্রুপ-IA মৌলসমূহের বেলায় নিম্নরূপ তথ্য দেয়া হল—
(i) ক্ষারধাতু, (ii) পানিসহ বিক্রিয়া করে, (iii) নিম্ন আয়নীকরণ বিভব।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) (খ) (i) ও (ii) (গ) (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

১০। f ব্লক মৌলসমূহের বেলায় নিম্নরূপ তথ্য শিক্ষার্থী লিখল—
(i) (n – 2) f অরবিটালে ইলেকট্রন প্রবেশ করে,
(ii) n ও (n – 1) প্রধান শক্তিস্তরে প্রত্যেক মৌলে সমসংখ্যক ইলেকট্রন থাকে,
(iii) এদের অবস্থান্তর মৌল বলে।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে—
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ-২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (গ) ৩। (গ) ৪। (গ) ৫। (ক) ৬। (গ) ৭। (ক) ৮। (গ) ৯। (ঘ) ১০। (ক)।

http://pdfcorner.com

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set–MCQ) ঃ**

১। মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের যোজ্যতা ইলেকট্রন থেকে মৌলটির পর্যায়, গ্রুপ সংখ্যা, ব্লক বা প্রকৃতি জানা যায়। Cr(24) এর ইলেকট্রন বিন্যাস হল [Ar-] $3d^5\ 4s^1$। এ তথ্যভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) পর্যায় সারণিতে Cr মৌলটির অবস্থান হবে—

(ক) ৩য় পর্যায় গ্রুপ–V (খ) ৩য় পর্যায় গ্রুপ– VI (গ) ৪র্থ পর্যায় VIB (ঘ) ৪র্থ পর্যায় গ্রুপ IA

(২) Cr মৌলটির প্রকৃতি হল—

(ক) অবস্থান্তর মৌল (খ) d-ব্লক মৌল (গ) আদর্শ মৌল (ঘ) অপধাতু

২। পরমাণু থেকে যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন অপসারণের ফলে সৃষ্ট ধনাত্মক আয়নের পারমাণবিক আকার হ্রাস পায়। ক্ষেত্র বিশেষে চুম্বকীয় ধর্ম প্রকাশ পায়। কপার পরমাণু ও এর দুটি আয়ন দেয়া হল $Cu^+$, Cu, $Cu^{2+}$। এ তথ্যভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) উদ্দীপক মতে পরমাণু ও আয়ন দ্বয়ের আকারের ক্রম হল—

(ক) $Cu > Cu^{2+} > Cu^+$ (খ) $Cu^+ > Cu^{2+} > Cu$ (গ) $Cu > Cu^+ > Cu^{2+}$ (ঘ) $Cu^+ < Cu^{2+} < Cu$

(২) কোন্ আয়নটি প্যারাচুম্বকীয় হবে—

(ক) $Cu^+$ (খ) $Cu^{2+}$ (গ) $Cu^+$ ও $Cu^{2+}$ (ঘ) কোনটি নয়

৩। পরমাণুর আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তি এদের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভর করে। চারটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হল—

(i) $1st^2 2s^2 2P^5$ (ii) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ (iii) [Ne] $3s^2$ (iv) [Ne] $3s^2 3p^1$

এ তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) কোন্ মৌলটির আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে কম হবে—

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (iv)

(২) কোন্ মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি সবচেয়ে বেশি হবে—

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (iv)

৪। M একটি ধাতু; এটির কেন্দ্রে 26টি প্রোটন আছে। এটির পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা আছে। এ তথ্য ভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) M মৌলটির আইসোইলেকট্রনিক কোন্‌টি হবে—

(ক) $Cu^{2+}$ (খ) $Ni^{2+}$ (গ) $Zn^{2+}$ (ঘ) $Mn^{2+}$

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) গ, (২) ক; ২। (১) গ, (২) খ; ৩। (১) খ, (২) ক; ৪। (১) খ, (২) গ।

**গ–প্রস্তুতিমূলক জ্ঞানভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। আধুনিক পর্যায় সূত্র কী?
২। d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল কী?
৩। নিউল্যান্ডের অষ্টক সূত্র কী?
৪। s-ব্লক মৌল ও p-ব্লক মৌল কী?
৫। ইলেকট্রন বিন্যাসের ম্যাজিক নাম্বার কী?
৬। আন্তঃ অবস্থান্তর মৌল কী?

**ঘ–প্রস্তুতিমূলক অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌলের পার্থক্যগুলো লেখ।
২। Sc ও Zn অবস্থান্তর মৌল নয় কেন; ব্যাখ্যা কর।
৩। সকল অবস্থান্তর মৌল d-ব্লক মৌল; কিন্তু সকল d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয় কেন; ব্যাখ্যা কর।

http://pdfcorner.com

# ৪ রাসায়নিক গণনা
## CHEMICAL CALCULATIONS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- স্থূল সংকেত, আণবিক সংকেত;
- অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, মোলের ধারণা; এ সম্পর্কিত গাণিতিক জ্ঞান আহরণ;
- রাসায়নিক সমীকরণ ও অম্ল-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়াভিত্তিক বিভিন্ন প্রণালীর গণনা।

## ৪.১। ভূমিকা
### Introduction

আমরা জানি, 'ভরের নিত্যতা সূত্র' মতে রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে কোন নতুন পরমাণু সৃষ্টি হয় না; কেবল বিক্রিয়াকারী পদার্থের অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণু উৎপন্ন নতুন পদার্থের অণু সৃষ্টিতে স্থান পরিবর্তন করে থাকে। আবার বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থকে 'বিক্রিয়ক' (reactant) ও উৎপন্ন পদার্থকে 'উৎপাদ' (product) বলা হয় এবং তাদের নির্দিষ্ট আণবিক সংকেত আছে। কঠিন ধাতব ও অধাতব মৌলের প্রতীককে তাদের সংকেত রূপে রাসায়নিক সমীকরণে লেখা হয়। সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণে বিভিন্ন বিক্রিয়কের অণুস্থিত মোট পরমাণু সংখ্যা এবং উৎপাদসমূহের অণুস্থিত মোট পরমাণু সংখ্যা পরস্পর সমান থাকে। তাই মৌলের নির্দিষ্ট পারমাণবিক ভর ব্যবহার করে সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে মাত্রিক (quantitative) সম্পর্ক বের করা যায়। রসায়নের যে শাখায় এরূপ মাত্রিক পরিমাণের হিসাব করা হয়, তাকে **'রাসায়নিক গণনা'** বলা হয়। এ অধ্যায়ে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের ভরভিত্তিক ও গ্যাসের মোলার আয়তনভিত্তিক বিভিন্ন গণনা উদাহরণসহ দেখানো হল।

## ৪.২। যৌগের আণবিক সংকেত হতে তার শতকরা সংযুক্তি গণনা
### Percentage composition from molecular formula

**"কোন যৌগের শতকরা সংযুক্তি বলতে যৌগটির ১০০ ভাগ ভরে কোন্ কোন্ মৌলের কতভাগ ভর বিদ্যমান তা বোঝায়।"** যেমন পানির অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এ দুটি মৌল বিদ্যমান। ১০০ ভাগ ভরের পানিতে কত ভাগ হাইড্রোজেন এবং কত ভাগ অক্সিজেন বিদ্যমান, তা হচ্ছে পানির শতকরা সংযুক্তি। কোন যৌগের আণবিক সংকেত ও তার উপাদান মৌলগুলোর পারমাণবিক ভর জানা থাকলেই যৌগটির শতকরা সংযুক্তি হিসাব করা যায়। এ জন্য নিম্নোক্তভাবে হিসাব করতে হবে।

(১) যৌগটির আণবিক ভর নির্ণয় করতে হবে।

(২) অতঃপর যৌগটির অণুতে বিদ্যমান প্রতিটি মৌলের ভরের পরিমাণকে আণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে ১০০ দ্বারা গুণ করলে যৌগটির শতকরা সংযুক্তি পাওয়া যাবে। অর্থাৎ,

$$\text{কোন যৌগে কোন মৌলের শতকরা পরিমাণ} = \frac{\text{যৌগটিতে মৌলের পরমাণু সংখ্যা} \times \text{পাঃ ভর} \times ১০০}{\text{যৌগটির আণবিক ভর}}।$$

$$\therefore \text{কোন যৌগে কোন মৌলের শতকরা পরিমাণ} = \frac{\text{সে মৌলের পরমাণুসমূহের মোট ভর} \times ১০০}{\text{যৌগের আণবিক ভর}}।$$

**উদাহরণ ১। নাইট্রিক এসিডের শতকরা সংযুক্তি বের কর।**

**সমাধান ঃ** নাইট্রিক এসিডের সংকেত $HNO_3$ ।

নাইট্রিক এসিডের অণুতে ১টি হাইড্রোজেন পরমাণু, ১টি নাইট্রোজেন পরমাণু ও ৩টি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

হাইড্রোজেন পরমাণুর মোট ভর = $1{\cdot}008 \times 1 = 1{\cdot}008$

http://pdfcorner.com

নাইট্রোজেন পরমাণুর মোট ভর = $14{\cdot}0 \times 1 = 14{\cdot}0$

অক্সিজেন পরমাণুর মোট ভর = $16{\cdot}0 \times 3 = 48{\cdot}0$

∴ নাইট্রিক এসিড ($HNO_3$) এর আণবিক ভর = $(1{\cdot}008 + 14{\cdot}0 + 48{\cdot}0) = 63{\cdot}008$

∴ নাইট্রিক এসিডে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ = $\frac{1{\cdot}008 \times 100}{63{\cdot}008} = 1{\cdot}60\%$

নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ = $\frac{14 \times 100}{63{\cdot}008} = 22{\cdot}22\%$

অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = $\frac{48 \times 100}{63{\cdot}008} = 76{\cdot}18\%$

∴ নাইট্রিক এসিডের শতকরা সংযুক্তি হচ্ছে; H = 1·60% ; N = 22·22% ; O = 76·18% **(উঃ)**।

**উদাহরণ ২। ক্যালসিয়াম ফসফেটে $P_2O_5$ এর শতকরা পরিমাণ বের কর।**

**সমাধান ঃ** ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত $Ca_3(PO_4)_2$.

সুতরাং এর আণবিক ভর = $40 \times 3 + (31 + 16 \times 4) \times 2 = 310$।

$P_2O_5$ এর আণবিক ভর = $(31 \times 2 + 16 \times 5) = 142$

আবার $Ca_3(PO_4)_2 \xrightarrow{\Delta} 3\,CaO + P_2O_5$

অর্থাৎ ক্যালসিয়াম ফসফেটের একটি অণুতে $P_2O_5$ এর একটি অণু বিদ্যমান।

310 ভাগ ভরের $Ca_3(PO_4)_2$ এর মধ্যে $P_2O_5$ এর পরিমাণ আছে = 142 ভাগ।

∴ 100 " " " " " = $\frac{142 \times 100}{310} = 45{\cdot}8$ ভাগ।

অর্থাৎ $P_2O_5$ এর পরিমাণ = 45·8% **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৩। ব্লু–ভিট্রিয়লে কেলাস পানির শতকরা পরিমাণ হিসাব কর।**

**সমাধান ঃ** ব্লু–ভিট্রিয়লের আণবিক সংকেত $CuSO_4 5H_2O$।

অতএব এর আণবিক ভর = $[63{\cdot}5 + 32{\cdot}06 + 16 \times 4 + 5 \times (1{\cdot}008 \times 2 + 16)]$

= $(63{\cdot}5 + 32{\cdot}06 + 64 + 90{\cdot}08) = 249{\cdot}64$.

আবার এক অণু ব্লু–ভিট্রিয়লে পাঁচ অণু কেলাস পানি বিদ্যমান।

∴ 249·64 ভাগ ভরের ব্লু–ভিট্রিয়লে কেলাস পানির পরিমাণ = 90·08 ভাগ।

∴ 100 ,, ,, ,, = $\frac{90{\cdot}08 \times 100}{249{\cdot}64} = 36{\cdot}08$ ভাগ।

অর্থাৎ ব্লু–ভিট্রিয়লে কেলাস পানির পরিমাণ = 36·08% **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৪। 0·15 g ভরের একটি লবণের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করায় 0·1435 g সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়ল। লবণটিতে ক্লোরাইড আয়নের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।**

[Ag = 108, Cl = 35·5]

**সমাধান ঃ** আমরা জানি, যে কোন ক্লোরাইড লবণের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে ক্লোরাইড আয়ন মাত্রিকভাবে AgCl হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$Cl^-(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow NO_3^-(aq) + AgCl(s)$

AgCl এর আণবিক ভর = $(108 + 35{\cdot}5) = 143{\cdot}5$

143·5 g AgCl এ ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = 35·5 g

0·1435 g AgCl এ ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = $\frac{35{\cdot}5 \times {\cdot}1435}{1435} = 0{\cdot}0355$ g.

http://pdfcorner.com

প্রশ্নমতে, 0·15 g লবণে ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = 0·0355 g

$\therefore$ 1 g লবণে ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = $\frac{0\cdot0355}{0\cdot15}$ g

$\therefore$ 100 g লবণে ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = $\frac{0\cdot0355 \times 100}{0\cdot15}$ = 23·67 g

$\therefore$ লবণটিতে ক্লোরাইড আয়নের পরিমাণ = 23·67% **(উত্তর)**।

## ৪.৩। স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত

### Empirical formula and Molecular formula

**(ক) স্থূল সংকেত ঃ কোন যৌগের অণুতে কোন্ কোন্ মৌল আছে এবং সে সব মৌলের পরমাণুসমূহের সংখ্যা কী ক্ষুদ্রতম পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে আছে, তার প্রতীক সহযোগে সংক্ষিপ্ত প্রকাশকে ঐ যৌগের স্থূল সংকেত বলা হয়।**

**উদাহরণ ১।** বেনজিন ($C_6H_6$) এর অণুতে কার্বন ও হাইড্রোজেন মৌল দুটি আছে এবং এদের পরমাণুসমূহের ক্ষুদ্রতম পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত হচ্ছে 1 : 1। সুতরাং বেনজিনের স্থূল সংকেত হল CH।

**উদাহরণ ২।** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ($H_2O_2$) এর অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যমান এবং এদের পরমাণুসমূহের ক্ষুদ্রতম পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত হচ্ছে 1 : 1। সুতরাং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থূল সংকেত হল HO।

**(খ) স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম ঃ**

(১) স্থূল সংকেত নির্ণয়ের বেলায়, সংশ্লিষ্ট যৌগের উপাদান মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণ ও এদের পারমাণবিক ভর জানা প্রয়োজন হয়।

(২) প্রথমে বিভিন্ন মৌলের শতকরা পরিমাণগুলোকে যোগ করে ঐ যোগফল 100 বা এর খুব কাছাকাছি কোন সংখ্যা হয় কি না দেখতে হয়। যদি যোগফল 100 অপেক্ষা উল্লেখযোগ্য পরিমাণে কম দেখা যায়, তখন বুঝতে হবে অন্য কোন মৌলের পরিমাণ সরাসরি উল্লেখ করা হয়নি। প্রশ্নে কোন মৌলের উল্লেখ না থাকলে অবশিষ্ট শতকরা পরিমাণ অক্সিজেন মৌল হবে।

(৩) অতঃপর প্রত্যেক মৌলের শতকরা পরিমাণকে স্ব-স্ব পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করতে হয়। ভাগফলগুলো **বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের আনুপাতিক সংখ্যা** প্রকাশ করে।

(৪) এ ভাগফলসমূহকে অপেক্ষাকৃত সরল সংখ্যায় পরিণত করতে হয়। এজন্য এদের মধ্যস্থ ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা প্রত্যেক সংখ্যাকে ভাগ করতে হয়। প্রাপ্ত ভাগফলই যৌগের অণুস্থিত **ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের ক্ষুদ্রতম অনুপাত** প্রকাশ করে।

(৫) এরূপে নির্ণীত ভাগফলগুলো অনেক ক্ষেত্রে পূর্ণ সংখ্যা হয় না। তখন প্রাপ্ত ভাগফলসমূহকে এদের নিকটতম পূর্ণ সংখ্যায় রূপান্তরিত করা হয়। প্রয়োজনবোধে যেমন ভাগফলসমূহের মধ্যে 1.3 বা 1.5 ইত্যাদি থাকলে সুবিধাজনক পূর্ণসংখ্যা যেমন 3 এবং 2 দ্বারা এদেরকে গুণ করে সব ভাগফলকে পূর্ণসংখ্যায় পরিণত করতে হয়; যেমন $1.3 \times 3 = 3.9 = 4$ (প্রায়)। পরমাণুর এই **পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত** হবে যৌগের স্থূল সংকেতে বিদ্যমান মৌলসমূহের স্ব-স্ব পরমাণুর সংখ্যা।

**(গ) আণবিক সংকেত ঃ কোন যৌগের অণুতে কোন্ কোন্ মৌল আছে এবং প্রতিটি মৌলের পরমাণুসমূহের প্রকৃত সংখ্যা কত, প্রতীকের মাধ্যমে তার সংক্ষিপ্ত প্রকাশকে ঐ যৌগের আণবিক সংকেত বলা হয়।**

**উদাহরণ ১।** বেনজিন অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু ও ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। সুতরাং বেনজিনের আণবিক সংকেত হল $C_6H_6$।

**উদাহরণ ২।** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি অণুতে দুটি হাইড্রোজেন ও দুটি অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান। সুতরাং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের আণবিক সংকেত হচ্ছে $H_2O_2$।

উল্লেখ্য কখনো কখনো যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত একই হয়। যেমন পানি ($H_2O$), অ্যামোনিয়া ($NH_3$), মিথেন ($CH_4$) প্রভৃতি যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত একই।



http://pdfcorner.com

আবার কোন কোন ক্ষেত্রে যৌগের আণবিক সংকেত এর স্থূল সংকেতের সাধারণ গুণিতক হয়। অর্থাৎ,

আণবিক সংকেত = (স্থূল সংকেত) × n

যেমন, স্থূল সংকেত $A_a B_b C_c$ হলে আণবিক সংকেত হবে $(A_a B_b C_c)_n$ বা, $A_{na} B_{nb} C_{nc}$;
এখানে n = 1, 2, 3, .... ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা।

**(ঘ) আণবিক সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম ঃ**

(১) আণবিক সংকেত নির্ণয়ের বেলায়, সংশ্লিষ্ট যৌগের উপাদান মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণ, পারমাণবিক ভর ও যৌগের আণবিক ভর জানা প্রয়োজন।

(২) মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণ ও এদের পারমাণবিক ভরের সাহায্যে যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় করা হয়।

(৩) আণবিক সংকেত = (স্থূল সংকেত) × n, এখানে n = 1, 2, 3, ... ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা।

(৪) স্থূল সংকেত ভর ও যৌগের আণবিক সংকেত ভর–এর মান নিম্নের সমীকরণে বসিয়ে n এর মান নির্ণয় করা হয়।

$$n = \frac{\text{যৌগের আণবিক সংকেত ভর}}{\text{যৌগের স্থূল সংকেত ভর}}$$

(৫) শেষে n এর নির্ণীত মান দ্বারা স্থূল সংকেতের প্রত্যেক মৌলের পরমাণু সংখ্যাকে গুণ করলে আণবিক সংকেত পাওয়া যায়। যেমন– গ্লুকোজের আণবিক সংকেত = (এর স্থূল সংকেত) × n = $(CH_2O) \times 6 = C_6H_{12}O_6$

## ৪.৪। স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য

### Differences between empirical formula and molecular formula

| স্থূল সংকেত | আণবিক সংকেত |
|---|---|
| ১। **সংজ্ঞা ঃ** স্থূল সংকেত যৌগের অণুতে বিদ্যমান বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সংখ্যার ক্ষুদ্রতম অনুপাত প্রকাশ করে; প্রকৃত সংখ্যা প্রকাশ করে না। যেমন বেনজিনের স্থূল সংকেত CH হতে জানা যায় যে এর অণুতে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষুদ্রতম সংখ্যার অনুপাত 1:1। | ১। **সংজ্ঞা ঃ** আণবিক সংকেত যৌগের অণুতে বিদ্যমান সব মৌলের পরমাণুসমূহের প্রকৃত সংখ্যা প্রকাশ করে। যেমন বেনজিনের আণবিক সংকেত $C_6H_6$। সুতরাং বেনজিনের একটি অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু ও ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান। |
| ২। **বৈশিষ্ট্য ঃ** স্থূল সংকেত হতে যৌগের বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের প্রকৃত সংখ্যা জানা যায় না। | ২। **বৈশিষ্ট্য ঃ** আণবিক সংকেত হতে যৌগের বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের প্রকৃত সংখ্যা জানা যায়। |
| ৩। **নির্ণয় পদ্ধতি ঃ** যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় করতে বিভিন্ন মৌলের শতকরা সংযুক্তি ও এর বিভিন্ন মৌলের পাঃ ভর জানা প্রয়োজন, আণবিক ভর জানার প্রয়োজন নেই। | ৩। **নির্ণয় পদ্ধতি ঃ** যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয় করতে এর বিভিন্ন মৌলের শতকরা সংযুক্তির সাথে পাঃ ভর ও যৌগের আণবিক ভর জানার প্রয়োজন হয়। আণবিক সংকেত = (স্থূল সংকেত) × n |
| ৪। **প্রযোজ্য ঃ** স্থূল সংকেত শুধুমাত্র যৌগের ক্ষেত্রে হতে পারে। | ৪। **প্রযোজ্য ঃ** আণবিক সংকেত যৌগ বা মৌল উভয় প্রকার পদার্থের ক্ষেত্রে হয়। |
| ৫। **একাধিক যৌগে স্থূল সংকেত ঃ** একই স্থূল সংকেত অনেক যৌগের জন্য হতে পারে। যেমন অ্যাসিটিলিন $(C_2H_2)$ ও বেনজিন $(C_6H_6)$ উভয় যৌগের স্থূল সংকেত হল CH। | ৫। **একটিমাত্র যৌগে আণবিক সংকেত ঃ** সমাণুতা ব্যতীত একটি আণবিক সংকেত একটি যৌগেরই হয়ে থাকে। যেমন $C_2H_2$ শুধুমাত্র অ্যাসিটিলিনের আণবিক সংকেত। $C_6H_6$ শুধুমাত্র বেনজিনের আণবিক সংকেত। |

**উদাহরণ ৫। গ্লুকোজের শতকরা সংযুক্তিতে C = 40%, H = 6.67% আছে। এর স্থূল সংকেত বের কর।**

**সমাধান ঃ** যে কোন যৌগে বিদ্যমান মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণের যোগফল 100 হতে হবে। যদি কোন প্রশ্নে বিভিন্ন মৌলের শতকরা পরিমাণের যোগফল 100 না হয়, তবে বুঝতে হবে যে বাকি অংশ অক্সিজেন।

http://pdfcorner.com

সুতরাং এক্ষেত্রে উক্ত যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ = 100 – (40 + 6·67) = 53·33%

যে কোন মৌলের পরমাণুর আনুপাতিক সংখ্যা = $\frac{\text{মৌলের শতকরা সংযুক্তি}}{\text{মৌলের পারমাণবিক ভর}}$

সুতরাং C মৌলের পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক পরিমাণ = 40/12 = 3·33

H মৌলের পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক পরিমাণ = 6·67/1 = 6·67

O মৌলের পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক পরিমাণ = 53·33/16 = 3·33

এ তিনটি সংখ্যার মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 3·33 দ্বারা ভাগফলসমূহকে আবারো ভাগ করলে মৌলসমূহের পরমাণুর ক্ষুদ্রতম আনুপাতিক সংখ্যা পাওয়া যায় যথাক্রমে 1, 2 (প্রায়) ও 1।

সুতরাং ফ্রুক্টোজ অণুতে C, H ও O পরমাণু সংখ্যার ক্ষুদ্রতম অনুপাত = 1 : 2 : 1

অর্থাৎ ফ্রুক্টোজের স্থূল সংকেত = $CH_2O$ (উত্তর)।

**বিকল্প সারণি পদ্ধতি**

ফ্রুক্টোজ অণুতে কার্বন ও হাইড্রোজেন মৌলের শতকরা পরিমাণের যোগফল = (40 + 6·67) = 46·67। সুতরাং ফ্রুক্টোজ অণুতে অক্সিজেনের পরিমাণ আছে = (100 – 46·67) = 53·33%।

| মৌল | শতকরা পরিমাণ | পারমাণবিক ভর | পরমাণুসমূহের আনুপাতিক সংখ্যা = $\frac{\text{শতকরা ভর}}{\text{পারমাণবিক ভর}}$ | মৌলসমূহের পরমাণুর ক্ষুদ্রতম আনুপাতিক সংখ্যা | পূর্ণ সংখ্যায় পরমাণুসমূহের আনুপাতিক সংখ্যা |
|---|---|---|---|---|---|
| C | 40 | 12 | $\frac{40}{12} = 3·33$ | $\frac{3·33}{3·33} = 1$ | 1 |
| H | 6·67 | 1 | $\frac{6·67}{1} = 6·67$ | $\frac{6·67}{3·33} = 2·003$ | 2 |
| O | 53·33 | 16 | $\frac{53·33}{16} = 3·33$ | $\frac{3·33}{3·33} = 1$ | 1 |

সুতরাং ফ্রুক্টোজ অণুতে মৌলসমূহের পরমাণুর পূর্ণসংখ্যায় ক্ষুদ্রতম অনুপাত হল = C : H : O = 1 : 2 : 1

অতএব ফ্রুক্টোজের স্থূল সংকেত হল $C_1H_2O_1 = CH_2O$ (উত্তর)।

**উদাহরণ ৬। গ্লুকোজের শতকরা সংযুক্তি হচ্ছে C = 40, H = 6·67 ও O = 53·33; এর আণবিক ভর 180। গ্লুকোজের আণবিক সংকেত বের কর।**

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, C, H, O এর শতকরা ভরের যোগফল = (40 + 6·67 + 53·33) = 100 সুতরাং এ যৌগে অন্য কোন মৌল নেই।

মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণসমূহকে নিজ নিজ পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে মৌলসমূহের পরমাণুর আনুপাতিক সংখ্যা নিম্নরূপ পাওয়া যায় ঃ

C = 40 ÷ 12 = 3·33; H = 6·67 ÷ 1 = 6·67; O = 53·33 ÷ 16 = 3·33

এ তিনটি সংখ্যার মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 3·33 দ্বারা ভাগফলসমূহকে আবারো ভাগ করে মৌলসমূহের পরমাণুর ক্ষুদ্রতম আনুপাতিক সংখ্যা পাওয়া যায়।

C = 3·33 ÷ 3·33 = 1; H = 6·67 ÷ 3·33 = 2 (নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা)। O = 3·33 ÷ 3·33 = 1;

সুতরাং গ্লুকোজের স্থূল সংকেত হচ্ছে $CH_2O$।

আবার এ স্থূল সংকেত $CH_2O$ এর ভর হয় = (12 + 1 × 2 + 16) = 30

গ্লুকোজের সত্যিকার আণবিক ভর = 180

http://pdfcorner.com

যদি গ্লুকোজের আণবিক সংকেত $(CH_2O)n$ হয়; তবে,

$$n = \frac{\text{গ্লুকোজের প্রকৃত আণবিক ভর}}{\text{এর স্থূল সংকেত ভর}} = \frac{180}{30} = 6$$

অতএব গ্লুকোজের আণবিক সংকেত = $(CH_2O)_6 = C_6H_{12}O_6$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৭। একটি জৈব যৌগকে বিশ্লেষণ করে C = 75.94%, H = 6.33% ও N = 17.72% পাওয়া গেল। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 39.5 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।** [কু. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, যৌগটিতে C, H, N এর শতকরা ভরের যোগফল = (75.94 + 6.33 + 17.72) = 99.99। সুতরাং পরীক্ষাজনিত ত্রুটি সীমার মধ্যে সঠিক সংযুক্তি দেয়া আছে। এতে অন্য কোন মৌল নেই।

| মৌল | শতকরা পরিমাণ | পারমাণবিক ভর | পরমাণুসমূহের আনুপাতিক সংখ্যা = $\frac{\text{শতকরা পরিমাণ}}{\text{পারমাণবিক ভর}}$ | পরমাণুসমূহের ক্ষুদ্রতম অনুপাত | পূর্ণসংখ্যায় পরমাণুসমূহের অনুপাত |
|---|---|---|---|---|---|
| C | 75.94 | 12 | $\frac{75.94}{12} = 6.33$ | $\frac{6.33}{1.27} = 4.98$ | 5 |
| H | 6.33 | 1 | $\frac{6.33}{1} = 6.33$ | $\frac{6.33}{1.27} = 4.98$ | 5 |
| N | 17.72 | 14 | $\frac{17.72}{14} = 1.27$ | $\frac{1.27}{1.27} = 1$ | 1 |

সুতরাং ঐ জৈব যৌগের অণুতে মৌলসমূহের পরমাণুর পূর্ণসংখ্যায় ক্ষুদ্রতম অনুপাত হল = C : H : N = 5 : 5 : 1

অতএব জৈবযৌগটির স্থূল সংকেত হল $C_5H_5N_1$

মনে করি, যৌগটির আণবিক সংকেত = $(C_5H_5N_1)_n$

প্রশ্নমতে, যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 39.5; অতএব যৌগটির আণবিক সংকেত $(C_5H_5N_1)_n$ এর ভর = $39.5 \times 2 = 79$

আবার যৌগটির স্থূলসংকেত $C_5H_5N$ এর ভর = $(12 \times 5 + 1 \times 5 + 14 \times 1) = 79$

অতএব, আণবিক সংকেত $(C_5H_5N)_n$ এর ভর = 79

$$\therefore n = \frac{\text{আণবিক সংকেত ভর}}{\text{স্থূল সংকেত ভর}} = \frac{79}{(C_5H_5N) \text{ এর ভর}} = \frac{79}{79} = 1$$

সুতরাং জৈব যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(C_5H_5N) \times 1 = C_5H_5N$ **(উত্তর)**।

## ৪.৫। গ্রাম–পারমাণবিক ভর ও মোল

### Gram-Atomic Mass and Mole

**কোন যৌগের আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায়, যৌগটির সে পরিমাণকে তার এক মোল বলা হয়।** উদাহরণস্বরূপ পানির আণবিক ভর = 18·02। সুতরাং 18·02 g পানি হচ্ছে এক মোল (mole বা সংক্ষেপে mol) পানি।

**অপরদিকে কোন মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায় ঐ পরিমাণকে সে মৌলের এক গ্রাম–পারমাণবিক ভর বা এক মোল পরমাণু বলা হয়।** যেমন কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। সুতরাং 12 g কার্বন = 1 g পারমাণবিক ভর কার্বন বা **1 মোল পরমাণু কার্বন**।

প্রসঙ্গত উল্লেখযোগ্য যে, পূর্বে মোল শব্দটি শুধুমাত্র যৌগের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হত; কিন্তু বর্তমানে তা যৌগ, মৌল, আয়ন এমনকি ইলেক্ট্রন প্রভৃতির ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। যৌগ ও মৌল উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হওয়ায় অনেক সময় অসাবধানে ছাত্রদের ভুল হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

http://pdfcorner.com

যেমন অক্সিজেন একটি মৌল, যার পারমাণবিক ভর = 16। অপরদিকে অক্সিজেন সাধারণভাবে দ্বি-পরমাণুক অণু হিসেবে থাকে, সুতরাং এর আণবিক ভর = 16 × 2 = 32। সুতরাং এক্ষেত্রে 16·00 g অক্সিজেন = 1 গ্রাম-পারমাণবিক ভর অক্সিজেন = 1 মোল পরমাণু অক্সিজেন এবং 32 গ্রাম অক্সিজেন = 1 মোল অণু অক্সিজেন।

একইভাবে 1·008 g হাইড্রোজেন = 1 g পারমাণবিক ভর হাইড্রোজেন = 1 মোল পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 2·016 g হাইড্রোজেন = 1 মোল অণু হাইড্রোজেন।

এখানে উল্লেখ্য যে, আয়নিক যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নসমূহ পরস্পরের সংস্পর্শে থাকে, সেখানে কোন অণু নেই। তাই এক্ষেত্রে 'আণবিক ভর' বলা সঠিক নয়। তাই আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে তার পরিবর্তে ফর্মুলা ভর ব্যবহৃত হয়। যেমন– NaCl এর ফর্মুলা ভর হচ্ছে 58·5।

## ৪.৬। মোল–এর ধারণার উৎপত্তি

### Origin of Mole concept

**মোল (Mole) এর আধুনিক সংজ্ঞা ঃ** কার্বন–স্কেল অনুসারে, 12 g কার্বনে $6·022 \times 10^{23}$ টি কার্বন পরমাণু থাকে, কোন পদার্থের যত গ্রাম ভরে ঐ সমসংখ্যক অণু বা পরমাণু বা আয়ন থাকে, তত গ্রাম ভরকে ঐ পদার্থের এক মোল বলা হয়। 'মোল'কে গ্রাম–আণবিক ভর বা গ্রাম–অণু, গ্রাম–পরমাণু ও গ্রাম–আয়ন বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ,

১। 1 মোল H-পরমাণু হল 1·008 g সংক্ষেপে 1·0 g পরমাণু হাইড্রোজেন; এতে $6·022 \times 10^{23}$ টি H-পরমাণু থাকে। তদ্রূপ 1 মোল $H_2$ অণু হল 2·016 g সংক্ষেপে 2 g অণু হাইড্রোজেন; এতে $6·022 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন অণু থাকে।

২। 1 মোল পানি ($H_2O$) বলতে 18·0154 g সংক্ষেপে 18 g পানিকে বোঝায়; এবং 1 মোল পানি বা 18 g পানিতে $6·022 \times 10^{23}$ টি পানি অণু থাকে।

**মোলের গুরুত্ব ও তাৎপর্য ঃ** যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় পদার্থ মোল এককে হিসাব ও ওজন করা হয়। 1 মোল পরমাণু, 1 মোল অণু ছাড়াও বর্তমানে আয়ন, ইলেকট্রন, ফোটন (Photon) এবং অন্যান্য কণার ক্ষেত্রেও মোলের প্রয়োগ দেখা যায়। এক মোল ইলেকট্রন বলতে $6·022 \times 10^{23}$ টি ইলেকট্রন বোঝায়। আমরা জানি, একটি সিলভার আয়নকে ($Ag^+$) সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে একটি ইলেকট্রন প্রয়োজন হয়। সুতরাং 1 mol সিলভার আয়নকে সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে $6·022 \times 10^{23}$ টি ইলেকট্রন প্রয়োজন হবে। আবার 1 mol সিলভার আয়নকে সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে এক ফ্যারাডে (Faraday) বিদ্যুতের প্রয়োজন। সুতরাং 1 mol ইলেকট্রন মানে এক ফ্যারাডে বিদ্যুৎ। অণুর অন্তর্গত রাসায়নিক বন্ধন (chemical bond)-এর ক্ষেত্রেও মোল ব্যবহৃত হয়। আবার 1 mol বন্ধন বলতে $6·022 \times 10^{23}$ টি বন্ধন বোঝায়।

## ৪.৭। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক

### Avogadro number or constant

**সংজ্ঞা ঃ কোন বস্তুর 1 মোলে যত সংখ্যক অণু থাকে, সেই সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক বলা হয়। উল্লেখ্য যে, কোন মৌলের এক গ্রাম–পরমাণুতে সমসংখ্যক ($6·022 \times 10^{23}$ টি) পরমাণু এবং কোন আয়নের এক গ্রাম–আয়নে সমসংখ্যক আয়ন থাকে।** একে $N_A$ দ্বারা সূচিত করা হয়। বিজ্ঞানী অ্যামাদিও অ্যাভোগাড্রোর নামানুসারে অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক নামকরণ হয়েছে। বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বনে এই অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে এবং এই সংখ্যা $N_A = 6·022 \times 10^{23}$ বলে ধরা হয়।

বর্তমানে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক আরো সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে।

এখন $N_A = 6·0221367 \times 10^{23}$ নির্ণীত হয়েছে।

**উদাহরণ ঃ** এক গ্রাম (1g) পরমাণু হাইড্রোজেনে $6·022 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। 1 মোল হাইড্রোজেন অণুতে $6·022 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন অণু থাকে। আবার 1 মোল হাইড্রোজেন আয়ন বলতে $6·022 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) বোঝায়। তদ্রূপ, 1 মোল পানি ($H_2O$) বা, 18 g $H_2O$ এর মধ্যে $6·022 \times 10^{23}$ টি $H_2O$ এর অণু থাকে বোঝায়।

http://pdfcorner.com

**প্রতীক n, N ও $N_A$ এর তাৎপর্য ও সম্পর্ক ঃ** উল্লেখ্য কোন পদার্থের মোল সংখ্যাকে n দ্বারা এবং কোন নমুনায় উপস্থিত অণুর সংখ্যাকে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাকে $N_A$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। 1 mol পদার্থের মধ্যে উপস্থিত অণুর সংখ্যা স্থির এবং এর মান $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ হওয়ায় $N_A$ কে **অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবকও** বলা হয়। বিভিন্ন পরিমাণ একই পদার্থের মধ্যে অণুর সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয় অর্থাৎ সেক্ষেত্রে N এর মান ভিন্ন ভিন্ন হয়। অর্থাৎ মোল সংখ্যা (n) এর উপর অণুর সংখ্যা N এর মান নির্ভর করে। তাই N ও $N_A$ এর মধ্যে সম্পর্ক হল $N = n \times N_A$ ।

## ৪.৮। গ্যাসের মোলার আয়তন
### Molar volume of gases

**এক মোল পদার্থের আয়তনকে সে পদার্থের মোলার আয়তন বলা হয়।** এ আয়তন পদার্থের অবস্থা, তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। যেমন 1 মোল পানি হচ্ছে 18 g পানি। তরল অবস্থায় এর আয়তন প্রায় 18 mL। সুতরাং তরল অবস্থায় পানির মোলার আয়তন হচ্ছে 18 mL। অপরদিকে গ্যাসীয় অবস্থায় 100°C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে একই পরিমাণ পানি প্রায় 30·6 L আয়তন দখল করে। সুতরাং সে অবস্থায় পানির মোলার আয়তন হচ্ছে 30·6 L । বিভিন্ন রাসায়নিক গণনায় গ্যাসীয় অবস্থায় মোলার আয়তন গুরুত্বপূর্ণ।

**(১) গ্যাসের মোলার আয়তন ঃ** নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল গ্যাসের আয়তনকে গ্যাসের মোলার আয়তন বলে। অ্যাভোগাড্রো সূত্রের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত হল—**একই তাপমাত্রা ও চাপে সব গ্যাসের মোলার আয়তন পরস্পর সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে [অর্থাৎ 0°C বা 273 K এবং 1 atm চাপে বা STP তে তা 22·4 L হয়।** আবার 25°C ও 1 atm চাপে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 L হয়।

**(২) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলার আয়তনের গুরুত্ব ঃ**
অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও গ্যাসের মোলার আয়তন থেকে নিম্নোক্ত গাণিতিক সম্পর্ক পাওয়া যায়। যেমন,

(১) এক মোল অণু = এক গ্রাম আণবিক ভর = $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি অণু।

= 22·4 L (STP-তে)

(২) পদার্থের একটি অণুর ভর = $\frac{\text{গ্রাম আণবিক ভর}}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ গ্রাম।

(৩) এক গ্রাম পদার্থে অণুর সংখ্যা = $\frac{6{\cdot}022 \times 10^{23}}{\text{পদার্থের গ্রাম -আণবিক ভর}}$ টি।

(৪) এক গ্রাম গ্যাসের আয়তন (STP-তে) = $\frac{22{\cdot}4}{\text{গ্যাসের গ্রাম আঃ ভর}}$ L।

(৫) গ্যাসের একটি অণুর দখলকৃত আয়তন (STP-তে) = $\frac{22{\cdot}4}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ L।

(৬) প্রমাণ অবস্থায় 1 L গ্যাসে অণুর সংখ্যা = $\frac{6{\cdot}022 \times 10^{23}}{22{\cdot}4}$ টি।

(৭) মৌলের একটি পরমাণুর ভর = $\frac{\text{গ্রাম পারমাণবিক ভর}}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ g।

উপরিউক্ত সম্পর্ক ব্যবহার করে নিম্নোক্ত রাসায়নিক গণনাসমূহ করা যায়।

http://pdfcorner.com

## ৪.৮.১। মোল, মোলার আয়তন ও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাভিত্তিক গণনা ঃ

**উদাহরণ ৮। একটি সোডিয়াম পরমাণুর ভর কত? (Na = 23)**

**সমাধান ঃ** সোডিয়ামের পারমাণবিক ভর = 23

∴ 1 g পরমাণু সোডিয়াম = 23 g সোডিয়াম। এতে $N_A$ সংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান।

$N_A$ সংখ্যক সোডিয়াম পরমাণুর ভর = 23 g এখানে $N_A$ = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

∴ 1 টি সোডিয়াম পরমাণুর ভর = $\frac{23}{N_A}$ g = $\frac{23}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ g = $3{\cdot}82 \times 10^{-23}$ g (প্রায়) **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৯। একটি পানির অণুর ভর কত?**

**সমাধান ঃ** পানির আণবিক ভর = 18। সুতরাং 1 mol পানি = 18 g পানি।

1 mol পানিতে $6.022 \times 10^{23}$ টি অণু থাকে।

সুতরাং $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি পানির অণুর ভর = 18 g

∴ 1 টি পানির অণুর ভর = $\frac{18\text{ g}}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ = $2{\cdot}99 \times 10^{-23}$ g (প্রায়) **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১০। 1 g হাইড্রোজেনে কয়টি পরমাণু আছে?** [য. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** 1 g পরমাণু হাইড্রোজেন = 1 g হাইড্রোজেন। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা মতে 1 g পরমাণু বা 1 mol পরমাণুতে $6.022 \times 10^{23}$ টি পরমাণু থাকে।

∴ 1 g হাইড্রোজেনে $6.022 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১০·১। 500টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 55.6 mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয়?** [কু. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** গ্রাফাইট কার্বনের 1 মোল = 12 g = 12 × 1000 mg কার্বন

∴ 12 × 1000 mg কার্বন = 1 মোল কার্বন

∴ 55.6 mg কার্বন = $\frac{1 \times 55.6}{12 \times 1000}$ মোল কার্বন।

আবার 1 মোল কার্বনে পরমাণু থাকে = $6.022 \times 10^{23}$ টি

∴ $\frac{1 \times 55.6}{12 \times 1000}$ মোল কার্বনে পরমাণু থাকে = $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 55.6}{12 \times 1000}$

প্রশ্নমতে, 500টি স্বাক্ষর দিতে খরচ হয় $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 55.6}{12 \times 1000}$ টি কার্বন পরমাণু।

∴ 1 টি স্বাক্ষর দিতে খরচ হয় $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 55.6}{12 \times 1000 \times 500}$ টি কার্বন পরমাণু।

= $5.580386 \times 10^{18}$ টি কার্বন পরমাণু **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১১। 11 g কার্বন ডাইঅক্সাইডে কয়টি অণু থাকে?** [ঢা. বো. ২০০০]

**সমাধান ঃ** কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) এর গ্রাম-আণবিক ভর হল 44g।

অর্থাৎ 44 g কার্বন ডাইঅক্সাইডে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ টি

∴ 11 g কার্বন ডাইঅক্সাইডে অণুর সংখ্যা, N = $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 11 \text{ টি}}{44}$

= $1.5055 \times 10^{23}$ টি **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১২। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 mL অক্সিজেন গ্যাসে অক্সিজেনের কয়টি অণু বিদ্যমান?**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22·4 L বা $22{\cdot}4 \times 10^3$ mL গ্যাসে এক মোল পদার্থ বিদ্যমান। আবার 1 mol পদার্থে $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি অণু বিদ্যমান।

http://pdfcorner.com

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে $22{\cdot}4 \times 10^3$ mL গ্যাসে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি।

∴ " " " 1 mL গ্যাসে অণুর সংখ্যা = $\frac{6{\cdot}022 \times 10^{23}}{22{\cdot}4 \times 10^3} = 2.6875 \times 10^{19}$ টি।

**বিঃ দ্রঃ** (ক) এ হিসাব শুধু অক্সিজেন নয়, বরং সব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য।

(খ) যদি এ প্রশ্নে পরমাণুর সংখ্যা চাওয়া হতো, তবে উপরোক্ত সংখ্যাকে ২ দ্বারা গুণ করতে হবে; কেননা; প্রতিটি অক্সিজেন অণুতে ২টি অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান। অন্যান্য দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রেও একথা প্রযোজ্য।

**উদাহরণ ১২·১। 16 g পরিমাণ $O_2$ গ্যাসে কয়টি অণু থাকে হিসাব কর।** [ঢা. বো. ২০০৩; রা. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** অক্সিজেন গ্যাস ($O_2$) এর গ্রাম–আণবিক ভর হল 32 g,

অতএব, 32 g বা 1 mol অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ টি

∴ 16 g অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা, $N = \frac{6.022 \times 10^{23} \times 16\text{টি}}{32}$

$= 3.011 \times 10^{23}$ টি **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১৩। কার্বন ডাইঅক্সাইডের একটি অণুর ভর গ্রাম এককে গণনা কর।**

**সমাধান ঃ** $CO_2$ এর আপেক্ষিক আণবিক ভর হল 44। সুতরাং 44 g $CO_2$ হল এক মোল $CO_2$। আমরা জানি, এক মোল যে কোন পদার্থে অণু থাকে $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি।

সুতরাং $6{\cdot}022 \times 10^{23}$ টি $CO_2$ এর অণুর ভর = 44 g

বা, 1 অণু $CO_2$ এর ভর হবে = $\frac{44}{6{\cdot}022 \times 10^{23}}$ g = $7{\cdot}3065426 \times 10^{-23}$ g

**উত্তর ঃ** $CO_2$ এর একটি অণুর ভর হল $7{\cdot}3065426 \times 10^{-23}$ g।

**উদাহরণ ১৪। প্রমাণ অবস্থায় 1·7 g অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন কত?**

**সমাধান ঃ** অ্যামোনিয়া ($NH_3$) গ্যাসের আপেক্ষিক আণবিক ভর 17। সুতরাং এক মোল অ্যামোনিয়ার ভর হল 17 g। প্রমাণ অবস্থায়,

17 g অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন = 22·4 L ∴ 1 g অ্যামোনিয়ার আয়তন হল = $\frac{22{\cdot}4}{17}$ L

∴ 1·7 g অ্যামোনিয়ার আয়তন হল = $\frac{22{\cdot}4 \times 1{\cdot}7}{17} = 2{\cdot}24$ L। **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১৫। 72 g পানিতে কত মোল পানি ও কয়টি পানি অণু আছে?**

**সমাধান ঃ** পানি ($H_2O$) এর মোলার ভর, $M = (1 \times 2 + 16)\ gmol^{-1} = 18\ gmol^{-1}$

∴ 72 g পানিতে এর মোল সংখ্যা, $n = \frac{72\ g}{18\ gmol^{-1}} = 4$ mol

আবার 1 mol পানিতে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6{\cdot}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

∴ 4 mol পানিতে অণুর সংখ্যা, $N = 6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1} \times 4\ mol = 24.088 \times 10^{23}$

## ৪.৯। রাসায়নিক সমীকরণ

### Chemical Equation

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমগ্র রাসায়নিক পরিবর্তনকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের প্রতীক ও সংকেত এবং কিছু বীজগণিতীয় চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করার পদ্ধতিকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। অর্থাৎ রাসায়নিক সমীকরণ হল কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার অর্থবোধক সংক্ষেপে লেখার পদ্ধতি।

যেমন, হাইড্রোজেন গ্যাস ও অক্সিজেন গ্যাস রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে তরল পানি উৎপন্ন করে। এ পরিবর্তনকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সংকেত এবং অর্থবোধক কিছু চিহ্নের সাহায্যে নিম্নরূপ সমীকরণে প্রকাশ করা হয়।

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

http://pdfcorner.com

কোন বিক্রিয়ার সুষম বা সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণ বিক্রিয়াটি সম্বন্ধে অনেক তথ্য প্রকাশ করে থাকে। তাই শুদ্ধ ও সুষম রাসায়নিক সমীকরণ লেখার পদ্ধতি জানা দরকার।

[নবম ও দশম শ্রেণীর সিলেবাসে এ সম্বন্ধে আলোচিত হলেও এখানে এর কিছু আলোচনা করা হল।]

## ৪.৯.১। সুষম সমীকরণ লেখার পদ্ধতি

**Writing a Balanced Chemical Equation**

নিম্নোক্ত কয়েকটি ধাপে রাসায়নিক সমীকরণকে শুদ্ধভাবে ও সমতাযুক্ত করে লেখা যায়।

**ধাপ ১।** সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সব বিক্রিয়ক ও উৎপাদের নাম এবং এদের সংকেত (সব ধাতুরও কঠিন অধাতুর বেলায় প্রতীক) জানা প্রয়োজন। সমীকরণের বামদিকে বিক্রিয়ক ও ডানদিকে উৎপাদের সংকেত (বা প্রতীক) লিখে মাঝখানে তীর চিহ্ন (⟶) দিতে হয়। এটাকে **কঙ্কাল সমীকরণ** (skeleton equation) বলে। যেমন,

| $Zn$ | + | $HCl$ | ⟶ | $ZnCl_2$ | + | $H_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| জিংক | | হাইড্রোক্লোরিক এসিড | | জিংক ক্লোরাইড | | হাইড্রোজেন |

**ধাপ ২।** এবার বাম ও ডান দিকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের অণুতে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যা সমান করার জন্য বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সংকেত (বা প্রতীক) এর বাম দিকে উপযুক্ত পূর্ণসংখ্যা (এ সংখ্যাকে সহগ বলে) বসাতে হবে। তখন সমীকরণটিকে **সুষম বা সমতাযুক্ত সমীকরণ** (balanced equation) বলে। যেমন, উপরের সমীকরণে দেখা যায় ডানদিকে দুটি Cl পরমাণু রয়েছে। তাই বাম দিকে HCl এর সহগরূপে 2 বসালে উভয়দিকে Cl পরমাণুর সমতা হয়। তখন সমীকরণটি সমতাযুক্ত হবে। যেমন,

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$$

নিচে কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে বিভিন্ন বিক্রিয়ার শুদ্ধ ও সমতাযুক্ত সমীকরণ লেখার ধারণা সুস্পষ্ট করা হল।

**উদাহরণ ১।** হেবার সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস থেকে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। এ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়।

**১ম ধারা ঃ** এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক হল নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন; এরা দ্বিপরমাণুক মৌলিক গ্যাস। তাই এদের সংকেত যথাক্রমে $N_2$ ও $H_2$। অপরদিকে অ্যামোনিয়ার সংকেত হল $NH_3$। সুতরাং বিক্রিয়াটির কঙ্কাল সমীকরণ হবে নিম্নরূপ ঃ

$$N_2 + H_2 \longrightarrow NH_3$$

**২য় ধাপ ঃ** এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে লক্ষ করলে দেখা যায়, ডান দিকে $NH_3$ এর আগে সহগরূপে 2 বসালে N-পরমাণুর সংখ্যা উভয়দিকে সমান হয়। তখন ডানদিকে H-পরমাণুর সংখ্যা 6 হয়ে যায়। তাই বামদিকে $H_2$ এর সহগরূপে 3 বসালে উভয়দিকে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যার সমতা আসে। তখন সমতাযুক্ত শুদ্ধ সমীকরণটি নিম্নরূপ হয় ঃ

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

**উদাহরণ ২।** অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিড উৎপাদনের প্রথম ধাপে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে নাইট্রিক অক্সাইড ও পানি তৈরি করা হয়। এ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়।

**১ম ধাপ ঃ** এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক হল অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেন এবং তাদের সংকেত যথাক্রমে $NH_3$ ও $O_2$। অপরদিকে উৎপাদ নাইট্রিক অক্সাইড ও পানির সংকেত যথাক্রমে NO ও $H_2O$। সুতরাং বিক্রিয়াটির কঙ্কাল সমীকরণ হবে নিম্নরূপ ঃ

$$NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$$

**২য় ধাপ ঃ** এ সমীকরণের বাম ও ডানদিকে লক্ষ করলে দেখা যায়, উভয়দিকে N পরমাণুর সংখ্যা ও O-পরমাণুর সংখ্যা সমান; কিন্তু H-পরমাণুর সংখ্যা অসমান। এখন $NH_3$ এর আগে 2 ও NO এর আগে 2 এবং $H_2O$ এর আগে 3 বসালে N-পরমাণু ও H-পরমাণুর সংখ্যা উভয়দিকে সমান হয়ে যায়। যেমন,

$$2NH_3 + O_2 \longrightarrow 2NO + 3H_2O$$



http://pdfcorner.com

এবার ডানদিকে দেখা যায় O-পরমাণুর মোট সংখ্যা হল 5। তাই বামদিকে $O_2$ এর আগে $\frac{5}{2}$ বসালে 5টি O-পরমাণু হবে। এখন সমতাযুক্ত সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ ঃ

$$2NH_3 + \frac{5}{2}O_2 \longrightarrow 2NO + 3H_2O$$

কিন্তু অণুর সহগ পূর্ণসংখ্যায় দেখাতে হয়; তাই সমতাযুক্ত এ সমীকরণটিকে 2 দ্বারা গুণ করলে শুদ্ধ সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপ হবে ঃ

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

বর্তমানে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা সহকারে সমীকরণ লেখার নিয়ম রয়েছে। তাই পদার্থের অণুর সংকেতের পরে বন্ধনী ( ) এর মধ্যে ভৌত অবস্থার প্রকাশক প্রতীক চিহ্ন লেখা হয়; যেমন কঠিন অবস্থার জন্য (s), তরল অবস্থার জন্য (*l*), গ্যাসীয় অবস্থার জন্য (g), জলীয় দ্রবণের জন্য (aq) বাষ্পের জন্য (vap)। এখন উপরের সমতাযুক্ত সমীকরণটিকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা সহযোগে নিম্নরূপে লেখা হয় ঃ

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$$

## ৪.৯.২। আয়নিক সমীকরণ
### Ionic Equation

তোমরা নবম ও দশম শ্রেণীতে রসায়ন পরীক্ষাগারে ক্লোরাইড আয়নের শনাক্তকরণ করতে গিয়ে NaCl এর দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হতে দেখেছ। এ সাদা অধঃক্ষেপটির নাম হল সিলভার ক্লোরাইড (AgCl)। এ রাসায়নিক পরিবর্তনকে সমীকরণ দ্বারা নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়। যেমন,

$$NaCl\,(aq) + AgNO_3\,(aq) \longrightarrow AgCl\,(s) + Na\,NO_3\,(aq)$$

এরূপ বিক্রিয়াকে দ্বি–বিয়োজন বিক্রিয়া বলা হয়। উল্লেখ্য এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়কে অণু হিসেবে সমীকরণে দেখানো হয়েছে বলে এরূপ সমীকরণকে **আণবিক সমীকরণ** বলা হয়। কিন্তু আমরা জানি, NaCl ও $AgNO_3$ হল আয়নিক যৌগ এবং জলীয় দ্রবণে এরা সংশ্লিষ্ট আয়নরূপে থাকে। অর্থাৎ দ্রবণে NaCl থাকে $Na^+$ ও $Cl^-$ রূপে এবং $AgNO_3$ থাকে $Ag^+$ ও $NO_3^-$ রূপে। এদের মিশ্রিত দ্রবণে $Ag^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নের সহযোগে অদ্রবণীয় AgCl (s) উৎপন্ন হয়ে সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে; কিন্তু অপর দুটি আয়ন যেমন $Na^+$ আয়ন ও $NO_3^-$ আয়ন দ্রবণে আয়নরূপে থেকে যায়। এ রাসায়নিক পরিবর্তনের সমীকরণটিকে আয়ন সহযোগে নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ

$$Na^+(aq) + Cl^-(aq) + Ag^+(aq) + NO_3^-(aq) \longrightarrow AgCl(s) + Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

উপরের সমীকরণে দেখা যায়, $Na^+(aq)$ ও $NO_3^-(aq)$ আয়ন উভয় দিকে আলাদা আলাদা আছে; এরা বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করেনি। যে সব আয়ন বিক্রিয়ায় সরাসরি অংশগ্রহণ না করে দ্রবণে অপরিবর্তিত থাকে, সেগুলোকে **'দর্শক আয়ন'** (spectator ions) বলা হয়। তাই দর্শক আয়ন বাদ দিয়ে উপরিউক্ত বিক্রিয়ার **নিট আয়নিক সমীকরণ** হবে নিম্নরূপ ঃ

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$$

তবে রাসায়নিক গণনার জন্য প্রয়োজনবোধে **আণবিক সমীকরণ** ব্যবহার করতে হয়। কারণ কী পরিমাণ বিক্রিয়ক পদার্থ নিতে হবে তা যৌগের সংকেত ভর বা **'ফর্মুলা ভর'** ব্যবহার করে হিসাব করতে হয়।

আয়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে স্বচ্ছ ধারণা লাভের জন্য আরো কয়েকটি আয়নিক সমীকরণ নিম্নে দেয়া হল। এ সব ক্ষেত্রে এসিড দ্রবণে $H^+$ আয়ন ও ক্ষার দ্রবণে $OH^-$ আয়ন বুঝতে হবে। যেমন,

**(১) এসিডের সাথে ক্ষার, ক্ষারক, ধাতু ও কার্বনেটের বিক্রিয়া**

(ক) যে কোন এসিড ও ক্ষার দ্রবণের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া ঃ

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

http://pdfcorner.com

(খ) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া ঃ

$$Al(OH)_3(s) + 3H^+(aq) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + H_2O(l)$$

(গ) জিংক ধাতু ও লঘু সালফিউরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া ঃ

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

(ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া ঃ

$$CaCO_3(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

**(২) বিভিন্ন জারক ও বিজারকের বিক্রিয়া**

(ক) পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে ঃ

$$Cl_2(g) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(s)$$

(খ) স্ট্যানাস আয়ন ($Sn^{2+}$) ও ফেরিক আয়ন ($Fe^{3+}$) এর মধ্যে বিক্রিয়া ঃ

$$Sn^{2+}(aq) + 2Fe^{3+}(aq) \longrightarrow Sn^{4+}(aq) + 2Fe^{2+}(aq)$$

(গ) ফেরিক আয়ন ও সালফাইড ($S^{2-}$) আয়নের মধ্যে বিক্রিয়া ঃ

$$2Fe^{3+}(aq) + S^{2-}(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + S(s)$$

## ৪.১০। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভর ও আয়তনভিত্তিক গণনা

**Calculation of mass and volume of reactants and products from equation**

যখন কোন বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক বিক্রিয়ক বা উৎপাদ গ্যাসীয় পদার্থ হয় এবং অন্য সব বিক্রিয়ক বা উৎপাদ কঠিন বা তরল অবস্থায় থাকে; তখন সমীকরণ থেকে ভর ও আয়তনভিত্তিক গণনা নিম্নরূপে করা যায়।

(১) প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশকারী সমীকরণটি সমতা সাধন করে শুদ্ধরূপে লিখতে হয়।

(২) সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের আপেক্ষিক আণবিক ভরকে সমীকরণে উল্লিখিত স্ব-স্ব অণুর সংখ্যা দ্বারা গুণ করে নিজ নিজ সংকেতের নিচে লিখতে হবে।

(৩) এভাবে প্রাপ্ত আপেক্ষিক আণবিক ভরসমূহকে গ্রামে প্রকাশ করা হয় এবং যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে ১ মোলের জন্য প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে অর্থাৎ STP-তে 22·4 L লিখতে হয়।

(৪) অতঃপর সমীকরণভিত্তিক প্রয়োজনীয় গণনা করা হয়।

আমরা উদাহরণস্বরূপ এ ধরনের কিছু গাণিতিক সমস্যা নিম্নে সমাধান করব।

**উদাহরণ ১৬। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 15 L কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করতে কী পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করতে হবে?**

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের আণবিক ভর ও গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন উল্লেখ করলে সমীকরণটি নিম্নরূপ দাঁড়ায় ঃ

| | $CaCO_3(s)$ | $\xrightarrow{\Delta}$ | $CaO(s)$ | $+ CO_2(g)$ |
|---|---|---|---|---|
| পারমাণবিক ভর এককে | $(40 + 12 + 16 \times 3)$ | | $(40 + 16)$ | $(12 + 16 \times 2)$ |
| | $= 100$ | | $= 56$ | $= 44$ |
| গ্রাম হিসাবে (গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন উল্লিখিত হয়েছে।) | 100 g (কঠিন বস্তু) | | 56 g (কঠিন বস্তু) | = 44 g (গ্যাস, 1 mol, সুতরাং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22·4 L) |

http://pdfcorner.com

প্রদত্ত উদাহরণে CaO এর তর অপ্রয়োজনীয়। এ সমীকরণ হতে দেখা যায় যে,

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22·4 L $CO_2$ পাওয়া যায় 100 g $CaCO_3$ হতে

∴ ,, ,, ,, 15 L $CO_2$ পাওয়া যায় = $\frac{100 \times 15}{22{\cdot}4}$

= 66·96 g $CaCO_3$ হতে **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১৭। 5 গ্রাম $KClO_3$ সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হলে প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে কত mL অক্সিজেন পাওয়া যাবে? [K = 39, Cl = 35·5]** [চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯]

**সমাধান ঃ** $KClO_3$ এর বিযোজন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2$$

$2 \times (39 + 35{\cdot}5 + 16 \times 3)$ $3 \times 32$

245 g $3 \times 32$ g বা, $3 \times 22{\cdot}4$ L

(প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে)

বিক্রিয়ার সমীকরণ হতে দেখা যায় যে,

245 g $KClO_3$ এর বিযোজন হতে প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় = $3 \times 22{\cdot}4$ L

$= 3 \times 22{\cdot}4 \times 1000$ mL

∴ 5 g $KClO_3$ এর বিযোজন হতে ,, ,, $= \frac{3 \times 22{\cdot}4 \times 1000 \times 5}{245}$ mL

= 1371·5 mL **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ১৮। 210 g মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) হতে যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন করা যায়; ঐ পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$)-কে তীব্র তাপে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন? [Hg = 200, K = 39·1]**

**সমাধান ঃ** মারকিউরিক অক্সাইড হতে অক্সিজেন প্রস্তুতির সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$2HgO \xrightarrow{\Delta} 2Hg + O_2\,(g)$$

$2(200 + 16)$ $16 \times 2$

$= 432$ g $= 32$ g

সুতরাং 432 g HgO হতে পাওয়া যায় 32 g অক্সিজেন।

∴ 210 g HgO হতে ,, ,, $= \frac{32 \times 210}{432} = 15{\cdot}56$ g অক্সিজেন।

আবার পটাসিয়াম ক্লোরেট হতে অক্সিজেন প্রস্তুতির সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2\,(g)$$

$2(39{\cdot}1 + 35{\cdot}5 + 48)$ $3(16 \times 2)$

$= 245{\cdot}2$ g $= 96$ g

সুতরাং 96 g অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় 245·2 g $KClO_3$ হতে।

∴ 15·56 g অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় $\frac{245{\cdot}2 \times 15{\cdot}56}{96}$ g $KClO_3$ হতে।

= 39·74 g $KClO_3$

∴ 39·74 g $KClO_3$ প্রয়োজন। **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১৯। 184 g $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে 96 g অবশেষ পাওয়া যায়। মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ বের কর।** [ব. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** মনে করি, মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ আছে = x g

∴ মিশ্রণটিতে $MgCO_3$ এর পরিমাণ = (184 – x) g

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} \boxed{CaO} + CO_2(g); \quad \left|\right. \quad MgCO_3 \xrightarrow{\Delta} \boxed{MgO} + CO_2(g)$$

(40 + 12 + 48) g = 100 g ; (40 + 16) g = 56 g | (24 + 12 + 48) g = 84 g ; (24 + 16) g = 40 g

সমীকরণ মতে,

100 g $CaCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে 56 g CaO

∴ x g $CaCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে $\frac{56 \times x}{100}$ g CaO

আবার 84 g $MgCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে 40 g MgO

∴ (184 – x) g $MgCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে $\frac{40 \times (184 - x)}{84}$ g MgO

প্রশ্নমতে, $\frac{56 \times x}{100} + \frac{40 \times (184 - x)}{84} = 96$

বা, $\frac{7x}{100} + \frac{5(184 - x)}{84} = 12$

বা, $84 \times 7x + 100 \times 5(184 - x) = 12 \times 100 \times 84$

বা, $588x - 500x = 100800 - 92000$

বা, $88x = 8800$

∴ $x = 100$

অতএব 184 g মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে = 100 g

∴ 100 g মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে $= \frac{100 \times 100}{184} = 54.3478$ g

সুতরাং মিশ্রণটিতে $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ = (100 – 54.3478) = 45.6522

**উত্তর ঃ** মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ আছে = 54.3478% এবং $MgCO_3$ আছে = 45.6522%

**উদাহরণ ১৯ (ক)। $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর 7.85g মিশ্রণকে অতিরিক্ত পরিমাণ HCl এসিডে দ্রবীভূত করে প্রমাণ অবস্থায় 1.84 L $CO_2$ গ্যাস পাওয়া যায়। মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর পরিমাণ নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪; ব. বো. ২০১১]

**সমাধান ঃ** মনে করি, মিশ্রণটিতে x g $CaCO_3$ আছে। সুতরাং মিশ্রণে $MgCO_3$ আছে = (7.85 – x)g।

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ ঃ $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + \boxed{CO_2} + H_2O$

(40 + 12 + 16 × 3)g = 100 g ; 1 mol = 22.4 L (S.T.P)

সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 22.4 L $CO_2$ (STP তে)

∴ x g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় $= \frac{22.4 \times x}{100}$ L $CO_2$ (STP তে)

আবার $MgCO_3 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + \boxed{CO_2} + H_2O$

(24.3 + 12 + 16 × 3)g = 84.3g ; 1 mol = 22.4 L (S.T.P- তে)

সমীকরণ মতে, 84.3 g $MgCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 22.4 L $CO_2$ (STP তে)

∴ (7.85 – x) g $MgCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় $= \frac{22.4 \times (7.85 - x)\ L}{84.3}$ $CO_2$ (STP তে)

http://pdfcorner.com

প্রশ্নমতে, $\frac{22.4 \times x}{100} + \frac{22.4 \times (7.85 - x)}{84.3} = 1.84$

বা, $22.4x \times 84.3 + 22.4 \times (7.85 - x) \times 100 = 1.84 \times 100 \times 84.3$

বা, $1888.32x + 17584 - 2240x = 15511.2$

বা, $351.68x = 2072.8$ বা, $x = \frac{2072.8}{351.68} = 5.894$ g (প্রায়)

∴ মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে = 5.894 g এবং $MgCO_3$ আছে = (7.85 – 5.894) g = 1.956 g **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ২০। চুনা পাথরে 95% $CaCO_3$ আছে। লঘু হাইড্রোক্লোরিক এসিডে 160 g ঐ চুনাপাথর দ্রবীভূত করে আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে কত mL কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যাবে?**

[ঢা. বো. ২০০১, ২০০৩; চ. বো. ২০০৩; ব. বো. ২০০৬]

**সমাধান ঃ** 100 g চুনাপাথরে আছে 95 g $CaCO_3$

∴ 160 g চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ আছে = $\frac{95 \times 160}{100} = 152$ g $CaCO_3$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{100\text{ g}}{CaCO_3} + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + \underset{44\text{ g} = 22.4\text{ L (প্রমাণ অবস্থায়)}}{CO_2\ (g)}$$

100 g $CaCO_3$ হতে আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে $CO_2$ উৎপন্ন হয় 22·4 L।

∴ 152 g $CaCO_3$ হতে ,, ,, $= \frac{22.4 \times 152}{100}$ L।

$= 34.048$ L।

আবার 34·048 L = 34·048 × 1000 mL = 34048 mL **(উত্তর)।**

অনেক সময় গ্যাসের বেলায় প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা ও চাপ উল্লিখিত থাকে। সেক্ষেত্রে প্রয়োজনানুসারে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বা বয়েল ও চার্লসের সূত্র ব্যবহার করে প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন বের করে নিতে হয়।

**উদাহরণ ২১। 12·5 g চুনাপাথর ও হাইড্রোক্লোরিক এসিডের বিক্রিয়ার ফলে 37°C তাপমাত্রায় ও 750 mm (Hg) চাপে 2·53 L $CO_2$ পাওয়া গেল। ঐ চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ কত?**

[য. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** প্রথমে প্রদত্ত অবস্থায় $CO_2$ এর আয়তনকে প্রমাণ অবস্থায় (STP-তে) রূপান্তর করি। বয়েল ও চার্লসের সূত্র মতে,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$V_2 = \frac{P_1V_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{P_2}$

$\therefore V_2 = \frac{750 \times 2.53 \times 273}{310 \times 760}$

$= 2.2$ L।

প্রদত্ত অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_1 = 750$ mm (Hg)
$CO_2$ গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 2.53$ L
$CO_2$ গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = (273 + 37) = 310$ K
প্রমাণ অবস্থায় চাপ, $P_2 = 760$ mm (Hg)
গ্যাসের আয়তন, $V_2 = ?$
গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K

$CaCO_3$ এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{(40 + 12 + 16 \times 3) = 100\text{ g}}{CaCO_3} + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + \underset{(12 + 16 \times 2)\ 44\text{ g বা প্রমাণ অবস্থায় } 22.4\text{ L।}}{CO_2\ (g)}$$

http://pdfcorner.com

সমীকরণ মতে, প্রমাণ অবস্থায় 22·4 L $CO_2$ পাওয়া যায় 100 g $CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ ,, ,, 1 L $CO_2$ ,, ,, $= \frac{100}{22{\cdot}4}$ g $CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ ,, ,, 2·2 L $CO_2$ ,, ,, $= \frac{100 \times 2.2}{22{\cdot}4}$ g $CaCO_3$ হতে।

$= 9{\cdot}82$ g $CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ 12·5 g চুনাপাথরে 9·82 g $CaCO_3$ আছে। **(উত্তর)**

## ৪.১১। অম্ল–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া
### Acid-base neutralisation

**প্রশমন বা নিরপেক্ষণ ঃ যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় তুল্য পরিমাণ অম্ল ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়া করে উভয়ের ধর্ম সম্পূর্ণভাবে হারিয়ে নিরপেক্ষ বস্তু পূর্ণ লবণ ও পানি উৎপন্ন করে, তাকে অম্ল–ক্ষার প্রশমন বলা হয়।** যেমন HCl ও NaOH দ্রবণ নিম্ন সমীকরণ মতে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও পানি উৎপন্ন করে। আয়নিক তত্ত্ব মতে প্রশমনের বেলায়, **"জলীয় দ্রবণে অম্ল প্রদত্ত হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) ও ক্ষার প্রদত্ত হাইড্রক্সিল আয়ন ($OH^-$) এর বিক্রিয়ায় পানি উৎপন্ন করে।**

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(l)$$

1 মোল 1 মোল

$$\boxed{H^+\,(aq)} + Cl^-\,(aq) + Na^+\,(aq) + \boxed{OH^-\,(aq)} \rightarrow Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq) + \boxed{H_2O\,(l)}$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

উপরিউক্ত প্রশমন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, জলীয় দ্রবণে 1 মোল HCl প্রদত্ত 1 মোল হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) এর সাথে 1 মোল NaOH প্রদত্ত 1 মোল হাইড্রক্সিল আয়ন ($OH^-$) বিক্রিয়া করে 1 মোল পানি অণু ($H_2O$) গঠন করে।

$$H^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l)$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

ঐ মিশ্র দ্রবণে নীল লিটমাস ও লাল লিটমাস উভয়ই অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ ঐ অম্ল ও ক্ষারের মিশ্র দ্রবণটি অম্ল ও ক্ষার উভয়ের ধর্ম হারিয়ে নিরপেক্ষ দ্রবণ হয়েছে। সুতরাং ঐ অম্ল ও ক্ষারের মিশ্রণে প্রশমন বিক্রিয়া ঘটেছে।

## ৪.১২। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন একক
### Different units for concentration of solutions

দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি চালু আছে। যেমন– (১) নরমালিটি, (২) মোলারিটি, (৩) মোলালিটি, (৪) মোল ভগ্নাংশ, (৫) শতকরা (w/w), শতকরা (w/v) প্রভৃতি একক রয়েছে। তন্মধ্যে আয়তনিক বিশ্লেষণীয় রসায়নে নরমালিটি ও মোলারিটি বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। অবশ্য আধুনিক যুগে মোলারিটি ক্রমশ অধিকতর ব্যবহৃত হচ্ছে। [জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক নিয়োজিত বিশেষজ্ঞ কমিটিও **"তুল্য ভরের" পরিবর্তে "মোল" ব্যবহারের নির্দেশ প্রদান করেছেন।** এ জন্য তুল্যভর, নরমাল দ্রবণ ও নরমালিটির সংজ্ঞা বাদ দেওয়া হল] এ পুস্তকে **সমীকরণভিত্তিক প্রদত্ত উদাহরণসমূহে প্রধানত মোল, মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি ব্যবহৃত হবে।** তার পূর্বে উপরিউক্ত পদসমূহের সংজ্ঞা প্রদান করা হচ্ছে।

### ৪.১২.১। মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি
#### Molar solution & Molarity

**মোলার দ্রবণ (Molar solution) ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে এক মোল (1 mole) দ্রব দ্রবীভূত থাকলে সে দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়।** মোলার দ্রবণের ঘনমাত্রাকে M দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক হল $molL^{-1}$।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ঃ** $H_2SO_4$ এর আণবিক ভর = 98। সুতরাং 1 মোল $H_2SO_4$ = 98 g $H_2SO_4$। একটি দ্রবণের প্রতি লিটারে 98 g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত থাকলে সে দ্রবণটি $H_2SO_4$ এর মোলার দ্রবণ হবে। তাকে "1 M $H_2SO_4$" দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**ডেসিমোলার দ্রবণ ঃ** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে 0·1 mole দ্রব দ্রবীভূত থাকলে, সে দ্রবণকে ঐ দ্রবের দশমাংশ মোলার বা **ডেসিমোলার** (decimolar) **দ্রবণ** বলা হয়। ডেসিমোলার দ্রবণকে 0·1 M বা 0.1 $molL^{-1}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, এক লিটার $Na_2CO_3$ এর দ্রবণে 0.1 mol বা, 10.6 g $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকলে তাকে 0·1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ বলা হয়।

**সেমিমোলার দ্রবণ ঃ** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে **অর্ধমোল** (0.5 mole) দ্রব দ্রবীভূত থাকলে, সে দ্রবণকে ঐ দ্রবের **সেমিমোলার বা অর্ধমোলার** দ্রবণ বলে। তাকে 0·5 M বা 0.5 $molL^{-1}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, এক লিটার NaOH এর দ্রবণে 0.5 mole NaOH বা, 20 g NaOH দ্রবীভূত থাকলে তাকে 0·5 M NaOH দ্রবণ বলে।

**মোলারিটি ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের গ্রাম–আণবিক ভর বা মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণের মোলারিটি বা মোলার ঘনমাত্রা বলা হয়।** একে M দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

$$\therefore \text{মোলারিটি বা মোলার ঘনমাত্রা, } M = \frac{\text{মোল এককে দ্রবের ভর } (n)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন } (V)}$$

বা, দ্রবের পরিমাণ, n (মোল এককে) = দ্রবণের আয়তন (V) (লিটারে) × ঘনমাত্রা M (মোল লিটার$^{-১}$)

**উদাহরণ ঃ** এক লিটার $Na_2CO_3$ এর দ্রবণে 106 g $Na_2CO_3$ বা 1 মোল $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মোলারিটি হবে 1 $molL^{-1}$।

উল্লেখ্য দ্রবণের মোলারিটি গণনা করার সময় প্রথমে এক লিটার দ্রবণে কত গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত আছে, তা হিসাব করতে হয়। পরে ঐ দ্রবের পরিমাণকে এর গ্রাম–আণবিক ভর দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়; তা হল ঐ দ্রবণের মোলারিটি। মোলার দ্রবণের আয়তন লিটার এককে থাকে।

**উদাহরণ ২২। সোডিয়াম কার্বনেটের 500 mL ডেসিমোলার দ্রবণে কত গ্রাম $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকবে?** [চ. বো. ২০০২]

**সমাধান ঃ** সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) এর আণবিক ভর = $(23 \times 2 + 12 + 16 \times 3) = 106$

∴ 1 মোল $Na_2CO_3$ = 106 g $Na_2CO_3$; ডেসিমোলার দ্রবণ হল 0.1 M দ্রবণ।

মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে,

1000 mL বা, 1 L আয়তনের 1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণে 106 g $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকে।

∴ 500 mL আয়তনের প্রদত্ত 0.1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণে $\frac{106 \times 500 \times 0.1 \text{ g}}{1000}$ $Na_2CO_3$ থাকবে।

= 5.3 g $Na_2CO_3$ থাকবে।

**উত্তর ঃ** প্রদত্ত দ্রবণে 5.3 g $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকবে।

**উদাহরণ ২২ (ক)। 30 mL 0.25 M HCl দ্রবণে HCl এর মোল সংখ্যা ও ভর নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে,

1000 mL 1M HCl দ্রবণে 1 mol HCl থাকে।

∴ 30 mL 0.25M HCl দ্রবণে HCl থাকে = $\frac{1 \times 30 \times 0.25}{1000}$

= 0.0075 mol HCl

আবার, 1 mol HCl এর ভর = 36.5 g

∴ 0.0075 mol HCl এর ভর = $36.5 \times 0.0075$ g = 0.27375 g

**উত্তর ঃ** 0.0075 mol HCl এবং এর ভর 0.27375 g.

http://pdfcorner.com

## ৪.১২.২। বিভিন্ন ঘনমাত্রার মোলার দ্রবণ প্রস্তুতি ঃ প্রমাণ দ্রবণ

### Preparation of Molar Solutions of Different Concentrations : Standard Solution

কোন দ্রবণের মোলারিটি হিসাব করার সময় দ্রাবকের পরিমাণ (ভর বা আয়তন) গণনার হিসাবে আসে না, শুধুমাত্র দ্রবণের মোট আয়তন এবং দ্রবের পরিমাণ বিবেচ্য। এ কারণে বিভিন্ন মাত্রার মোলার দ্রবণ তৈরি করার সময় নিম্নের পদ্ধতি অনুসরণ করতে হয় ঃ

**প্রস্তুত পদ্ধতি ঃ** (১) প্রথমে দ্রবণের আকাঙ্ক্ষিত ঘনমাত্রা ও আয়তন নির্ধারণ করতে হবে। (২) অতঃপর সে হিসাবে দ্রবের ভর গণনা করে নিতে হবে। রাসায়নিক নিক্তির সাহায্যে সে পরিমাণ দ্রব মেপে নিতে হবে। (৩) প্রতি ক্ষেত্রে আকাঙ্ক্ষিত নির্দিষ্ট আয়তন বিশিষ্ট **আয়তনিক ফ্লাস্ক** যেমন 1 L আয়তন, 500 mL আয়তন বা 250 mL আয়তন ফ্লাস্ক নিয়ে তাতে উপরিউক্ত দ্রব নিয়ে কিছুটা দ্রাবক (সাধারণত পানি) যোগ করে দ্রবকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করতে হবে। (৪) অতঃপর ধীরে ধীরে দ্রাবক যেমন পানি যোগ করে দ্রবণের আয়তন আয়তনিক ফ্লাস্কের আয়তন নির্দেশক দাগ পর্যন্ত আনতে হবে। শেষ দিকে দ্রাবক ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করতে হবে। (৫) **ফ্লাস্কের মুখ বন্ধ করে দ্রবণকে ঝাঁকাতে হবে, যেন দ্রবণটি সমসত্ত্ব হয়।**

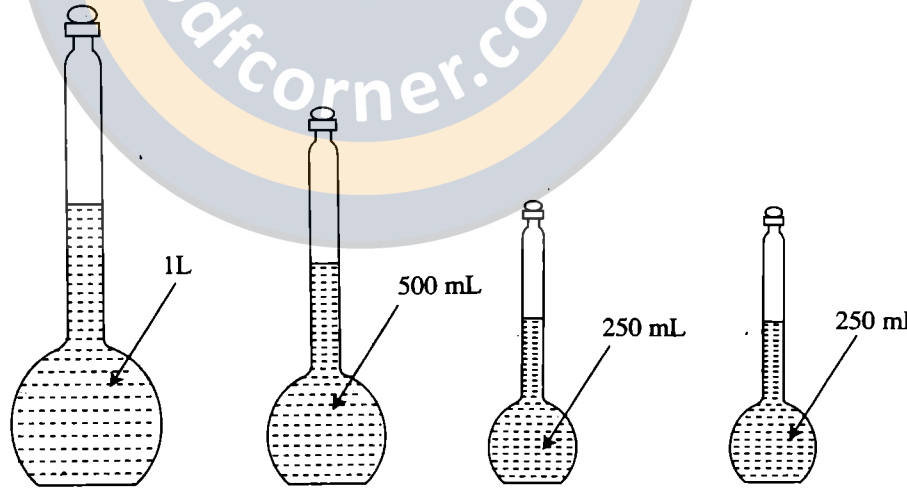
**উদাহরণ ঃ** (১) 1 L আয়তনের ফ্লাস্কে 1 মোল দ্রব নিয়ে 1 L দ্রবণ তৈরি করলে 1 M দ্রবণ বা, 1 $molL^{-1}$ বলা হয়।

(২) 500 mL আয়তনের ফ্লাস্কে 1 মোল দ্রব নিয়ে 500 mL দ্রবণ তৈরি করলে প্রকৃতপক্ষে প্রতি লিটারে 2 মোল দ্রব নেওয়ার মত হয়। তাই ঐ দ্রবণকে 2M দ্রবণ বা 2 $molL^{-1}$ দ্রবণ বলা হয়।

(৩) 250 mL আয়তনের ফ্লাস্কে 1 মোল দ্রব নিয়ে 250 mL দ্রবণ তৈরি করলে প্রকৃতপক্ষে প্রতি লিটারে 4 মোল দ্রব নেওয়ার মত হয়, তাই ঐ দ্রবণকে 4 M দ্রবণ বা 4 $molL^{-1}$ দ্রবণ বলা হয়।

(৪) 250 mL আয়তনের ফ্লাস্কে 1.5 মোল দ্রব নিয়ে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করলে ঐ প্রস্তুত দ্রবণকে 6 M দ্রবণ বা 6 $molL^{-1}$ দ্রবণ বলা হয়। কারণ এক্ষেত্রে 1 L বা 1000 mL দ্রবণে 6 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে।

উপরিউক্ত চারটি ভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতিতে আয়তনিক ফ্লাস্ক, দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যা, দ্রবণের আয়তন ও ঘনমাত্রা নিচে সংক্ষেপে দেখানো হল ঃ




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **মোলসংখ্যা ঃ** | 1 মোল দ্রব | 1 মোল দ্রব | 1 মোল দ্রব | 1·5 মোল দ্রব |
| **দ্রবণের আয়তন ঃ** | 1 L দ্রবণে | 500 mL দ্রবণে | 250 mL দ্রবণে | 250 mL দ্রবণে |
| **ঘনমাত্রা ঃ** | 1 $molL^{-1}$ | 2 $molL^{-1}$ | 4 $molL^{-1}$ | 6 $molL^{-1}$ |

চিত্র ৪.১ ঃ প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত পদ্ধতি।

এরূপে নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ দ্রবকে রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন করে নির্দিষ্ট আয়তনিক ফ্লাস্কে নিয়ে ও পানি যোগ করে আয়তন নির্দেশক দাগ পর্যন্ত দ্রবণের আয়তন করা হলে সে দ্রবণকে **প্রমাণ দ্রবণ** বলা হয়।



http://pdfcorner.com

**(ক) প্রমাণ দ্রবণ ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রবের পরিমাণ জানা থাকলে সে দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলা হয়।** অর্থাৎ যে দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকে তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন 1 M HCl, 0·1 M $Na_2CO_3$, 0·2 M NaOH, 0·1 M $H_2SO_4$ প্রভৃতি প্রত্যেকটি হল প্রমাণ দ্রবণ। কারণ ঐ প্রত্যেকটি দ্রবণের প্রতি লিটারে কী পরিমাণ দ্রব থাকে তা জানা আছে।

**ব্যবহার ঃ** টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় প্রমাণ দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে পরীক্ষাধীন অজ্ঞাত ঘনমাত্রার দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়।

**উদাহরণ ২৩। 250 mL 0·1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ কীভাবে তৈরি করবে?** [সি. বো. ২০০২]

**সমাধান ঃ** $Na_2CO_3$ এর আণবিক ভর = 106। অতএব এর 1 g-আণবিক ভর = 106 g।

1000 mL 1 M $Na_2CO_3$ এর দ্রবণের জন্য প্রয়োজন = 106 g $Na_2CO_3$

$\therefore$ 250 mL 1 M $Na_2CO_3$ এর দ্রবণের জন্য প্রয়োজন = $\frac{106 \times 250}{1000}$ $Na_2CO_3$

$\therefore$ 250 mL 0·1 M $Na_2CO_3$ এর দ্রবণের জন্য প্রয়োজন = $\frac{106 \times 250 \times 0{\cdot}1}{1000}$ = 2·65 g $Na_2CO_3$

**বর্ণনা ঃ** প্রথমে সূক্ষ্ম রাসায়নিক নিক্তি দ্বারা 2·65 g বিশুদ্ধ $Na_2CO_3$ মেপে নিতে হবে। একটি 250 mL আয়তনিক ফ্লাস্কের মুখে একটি ফানেল বসিয়ে উক্ত $Na_2CO_3$ তাতে নিতে হবে এবং প্রায় 100 mL পানি ফানেলের উপরে ধীরে ধীরে ঢেলে সব $Na_2CO_3$ ও পানি আয়তনিক ফ্লাস্কে নিতে হবে। ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে নেড়ে সব দ্রব পানিতে দ্রবীভূত করতে হবে। পরে ওয়াশ বোতল হতে ধীরে ধীরে পানি ঢেলে দ্রবণের আয়তন আয়তনিক ফ্লাস্কের নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত করতে হবে। ফানেলটিকে ফ্লাস্কের মুখ হতে সরিয়ে ফ্লাস্কের মুখ স্টপকক দিয়ে আটকিয়ে ফ্লাস্কটিকে কয়েকবার উপুড় করতে হবে যেন সমগ্র দ্রবণ সমসত্ত্ব হয়। এভাবেই 250 mL 0·1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ তৈরি হয়।

**উদাহরণ ২৪। 250 mL 0·1 M NaOH দ্রবণ তৈরি করতে কী পরিমাণ NaOH প্রয়োজন হবে?**

**সমাধান ঃ** সংজ্ঞা মতে, দ্রবের ভর (মোল), n = দ্রবণের আয়তন (L) × মোলার ঘনমাত্রা, M ($molL^{-1}$)

বা, $n = V \times M$

বা, $n = 250 \times 10^{-3}\ L \times 0{\cdot}1\ molL^{-1}$

$= 25 \times 10^{-3}$ mol = 0·025 mol।

আবার 1 মোল NaOH = 40 g NaOH

0·025 মোল NaOH = 40 × 0·025 g NaOH = 1·0 g NaOH **(উত্তর)**।

এখানে,

মোল এককে দ্রবের ভর, n = ?

দ্রবণের আয়তন, V = 250 mL। = $250 \times 10^{-3}$ L।

ঘনমাত্রা, M = 0·1 $molL^{-1}$।

## ৪.১২.৩। মোলাল দ্রবণ ও মোলালিটি
### Molal Solution & Molality

**সংজ্ঞা ঃ প্রতি কিলোগ্রাম বা 1,000 (এক হাজার) গ্রাম দ্রাবকের মধ্যে কোন দ্রবের এক মোল দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলাল দ্রবণ বলে। মোলাল দ্রবণকে m দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক হল $molkg^{-1}$।**

**উদাহরণ ঃ** (১) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH)-এর আণবিক ভর হল 40। সুতরাং 40 g বা 1 mol NaOH-কে 1,000 g পানিতে দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন দ্রবণকে এক মোলাল দ্রবণ বলে এবং তাকে (1 m) NaOH দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**উদাহরণ ঃ** (২) সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক ভর হল 106। সুতরাং 1 mol বা 106 g $Na_2CO_3$-কে 1,000 g পানিতে দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন দ্রবণকে $Na_2CO_3$-এর এক মোলাল দ্রবণ অর্থাৎ (1m) $Na_2CO_3$ দ্রবণ বলে।

**(ক) মোলালিটি ঃ** *এক হাজার গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত দ্রবের মোল বা গ্রাম-আণবিক ভর-এর সংখ্যাকে ঐ দ্রবণের সংশ্লিষ্ট দ্রবের মোলালিটি বা মোলাল ঘনমাত্রা বলে। মোলালিটির প্রতীক হল* m *এবং একক হল* $molkg^{-1}$.

http://pdfcorner.com

∴ কোন দ্রবণের মোলাল ঘনমাত্রা বা মোলালিটি, $(m) = \frac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা } (n)}{\text{কিলোগ্রামে দ্রাবকের ভর } (kg)}$

**উদাহরণ ঃ** 5,000 g পানিতে 2 মোল $Na_2CO_3$-কে দ্রবীভূত করে একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। সুতরাং ঐ দ্রবণে 1000 g পানিতে $Na_2CO_3$-এর পরিমাণ হল 2/5 মোল = 0·4 মোল। অতএব ঐ দ্রবণে $Na_2CO_3$-এর মোলাল ঘনমাত্রা বা মোলালিটি হল 0·4 $molkg^{-1}$।

**(খ) মোলালিটির সুবিধা ঃ** তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে দ্রবণের আয়তন পরিবর্তিত হয়, তাই আয়তনভিত্তিক দ্রবণের একক মোলারিটি পরিবর্তিত হয়। কিন্তু তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে বস্তুর ভরের পরিবর্তন হয় না; তাই দ্রাবক ও দ্রব উভয়ই গ্রাম এককে প্রকাশিত দ্রবণের মোলালিটিরও পরিবর্তন ঘটে না। তাই বর্তমানে দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য মোলালিটি অধিক প্রচলিত। তাপমাত্রা পরিবর্তনে দ্রবণের মোলালিটি ঠিক থাকে; কিন্তু দ্রবণের মোলারিটির পরিবর্তন ঘটে। তাই মোলারিটির চেয়ে মোলালিটির সুবিধা বেশি।

## ৪.১২.৪। শতকরা হার হিসেবে দ্রবণের ঘনমাত্রা
### Concentration in % Composition

শতকরা হার পদ্ধতিতে দ্রবণের উপাদানগুলোকে বিশেষ করে দ্রবকে দ্রবণের মোট ভর বা আয়তনের শতকরা অংশ হিসেবে প্রকাশ করা হয়। ভরকে 'w' দ্বারা এবং আয়তনকে 'v' দ্বারা প্রকাশ করে তিন প্রকারে শতকরা পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। যেমন,

(১) দ্রবের **ভরকে** দ্রবণের মোট **ভরের** শতকরা রূপে (w/w)%; (২) দ্রবের **ভরকে** দ্রবণের মোট **আয়তনের** শতকরা রূপে (w/v)%; (৩) দ্রবের **আয়তনকে** দ্রবণের মোট **আয়তনের** শতকরা রূপে (v/v)%;

**উদাহরণ ও ব্যাখ্যা ঃ** (১) যদি 100 g সুক্রোজের দ্রবণে 10 g বিশুদ্ধ সুক্রোজ থাকে, তখন একে 10% (w/w) সুক্রোজ দ্রবণ বলা হয়। শতকরা এককের (w/w) ভিত্তিতে, 10% $H_2SO_4$-এর 100 g দ্রবণে 10 g বিশুদ্ধ $H_2SO_4$ এবং 90 g পানি থাকে।

(২) শতকরা এককের (w/v) ভিত্তিতে, 5% NaCl দ্রবণ বলতে বোঝায়, এর প্রতি 100 mL দ্রবণে 5 g NaCl দ্রবীভূত আছে।

(৩) শতকরা এককের (v/v) ভিত্তিতে, 10% অ্যালকোহল বলতে বোঝায়, এর প্রতি 100 mL দ্রবণে 10 mL অ্যালকোহল দ্রবীভূত আছে।

**উদাহরণ ২৫। 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের মোলারিটিতে ঘনমাত্রা কত?** [সি. বো. ২০০৪; ঢা. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের অর্থ হচ্ছে

100 mL ঐ দ্রবণে 10g $Na_2CO_3$ আছে

∴ 1000 mL ঐ দ্রবণে $\frac{10 \times 1000}{100}$ = 100g $Na_2CO_3$ আছে

$Na_2CO_3$ এর সংকেত ভর = $(23 \times 2 + 12 + 16 \times 3) = 106$।

∴ 1000 mL বা, 1 L আয়তনের ঐ দ্রবণে মোল এককে দ্রব আছে = $\frac{100}{106}$ = 0.94 34 mol $Na_2CO_3$।

অতএব দ্রবণটির ঘনমাত্রা হচ্ছে 0.9434 M অথবা 0.9434 $molL^{-1}$। **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ২৬। একটি রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ = 10 মিলিমোল/লিটার (m mol/L)। মিলিগ্রাম/ডেসি লিটার (mg/dL) এককে এর পরিমাণ কত?**

**সমাধান ঃ** গ্লুকোজের সংকেত হচ্ছে $C_6H_{12}O_6$।

অতএব এর আপেক্ষিক আণবিক ভর $(12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6) = 180$।

10 m mol/L = $10 \times 10^{-3}$ $molL^{-1}$ = $10 \times 10^{-3} \times 180$ $gL^{-1}$

= $180 \times 10^{-2}$ $gL^{-1}$

http://pdfcorner.com

আবার 1 মিলিগ্রাম = $10^{-3}$ g

1 ডেসিলিটার = $10^{-1}$ L

$\therefore$ 1 মিলিগ্রাম/ডেসিলিটার = $\frac{10^{-3}\text{ g}}{10^{-1}\text{ L}} = 10^{-2}\text{ gL}^{-1}$

$\therefore$ 10 মিলিমোল/লিটার = $180 \times (10^{-2}\text{ gL}^{-1}) = 180 \times$ মিলিগ্রাম/ডেসিলিটার

$= 180\text{ mg/dL}$ **(উত্তর)**।

**বি. দ্র. ঃ** প্যাথোলজি পরীক্ষায় রক্তে গ্লুকোজের ঘনমাত্রা উল্লেখের সময় দুটি একক ব্যবহৃত হয়। কোন কোন পরীক্ষাগারে মিলিমোল/লিটার একক এবং কোন কোন পরীক্ষাগারে মিলিগ্রাম/ডেসিলিটার একক ব্যবহৃত হয়। এ কারণে জনসাধারণের মধ্যে বিভ্রান্তির সৃষ্টি হয়। উপরের উদাহরণ হতে এটি স্পষ্ট যে, মিলিমোল/লিটার এককে যে মান হবে, তাকে ১৮ দিয়ে গুণ করলে মিলিগ্রাম/ডেসিলিটার এককে মান পাওয়া যাবে। বিপরীত দিকে মিলিগ্রাম/ডেসিলিটার এককে মানকে ১৮ দ্বারা ভাগ করলে মিলিমোল/লিটার এককে মান পাওয়া যায়। আরো উল্লেখ্য যে, এ প্রশ্নে এবং ডাক্তারি পরীক্ষায় গ্লুকোজের "পরিমাণ" লেখা থাকলেও প্রকৃতপক্ষে রক্তে গ্লুকোজের "ঘনমাত্রা" বোঝানো হচ্ছে।

**উদাহরণ ২৭। সামুদ্রিক পানির আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.03 g। এটির 1 L পানি নিয়ে বাষ্পীভূত করে 36.4 g শুষ্ক লবণ পাওয়া গেল। সামুদ্রিক পানিতে কঠিন বস্তুর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।** [ঢা. বো. ২০০১]

**সমাধান ঃ** সামুদ্রিক পানির ঘনত্ব = পানির আঃ গুরুত্ব × পানির ঘনত্ব

$= 1.03 \times 1\text{ mL}^{-1} = 1.03\text{ mL}^{-1}$

অর্থাৎ 1 mL সামুদ্রিক পানির ভর = 1.03 g

$\therefore$ 1000 mL বা 1 L সামুদ্রিক পানির ভর = $1.03 \times 1000$ g = 1030 g

প্রশ্নমতে, 1030 g সামুদ্রিক পানিতে লবণ আছে = 36.4 g

$\therefore$ 100 g সামুদ্রিক পানিতে লবণ আছে = $\frac{36.4 \times 100}{1030}$ g = 3.53 g (প্রায়)

$\therefore$ সামুদ্রিক পানিতে কঠিন বস্তুর পরিমাণ = 3.53% **(উত্তর)**।

## ৪.১২.৫। মোল ভগ্নাংশ
### Mole fraction

**সংজ্ঞা ঃ দ্রবণের কোন উপাদানের মোল সংখ্যা ও দ্রবণে বিদ্যমান সব উপাদানের মোল সংখ্যার যোগফলের অনুপাতকে সে উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বলা হয়।** যদি একটি সরল দ্রবণে মাত্র দুটি উপাদান A ও B (দ্রাবক ও দ্রব) থাকে এবং $n_A$ ও $n_B$ যথাক্রমে তাদের মোল সংখ্যা হয়, তবে–

A এর মোল ভগ্নাংশ, $x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ এবং B এর মোল ভগ্নাংশ, $x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$। $\therefore x_A + x_B = 1$

অর্থাৎ যে কোন দ্রবণে সব উপাদানের মোল ভগ্নাংশের যোগফল = 1 হবে।

**উদাহরণ ঃ** 1 mol গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$) অর্থাৎ 180 g গ্লুকোজকে 30 mol পানি অর্থাৎ $(30 \times 18)$ g = 540 g পানিতে দ্রবীভূত করা হল। তখন ঐ দ্রবণে উভয় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা হল $(1 + 30) = 31$ mol

$\therefore$ ঐ দ্রবণে গ্লুকোজের মোল ভগ্নাংশ, $x_A = \frac{1}{(1 + 30)} = \frac{1}{31}$

এবং দ্রবণে পানির মোল ভগ্নাংশ, $x_B = \frac{30}{(1 + 30)} = \frac{30}{31}$

$\therefore x_A + x_B = \frac{1}{31} + \frac{30}{31} = 1$

**বৈশিষ্ট্য ঃ** যে কোন দ্রবণে যে কোন উপাদানের মোল ভগ্নাংশ একটি ভগ্নাংশ হবে, যার সর্বনিম্ন মান শূন্য (অর্থাৎ দ্রবণে তা অনুপস্থিত) এবং যার সর্বোচ্চ মান এক (অর্থাৎ বিশুদ্ধ উপাদানে, এতে আর কিছু নেই)। মোল ভগ্নাংশ শুধুমাত্র উপাদানসমূহের মোলসংখ্যার উপর নির্ভরশীল, যা আবার উপাদানসমূহের ভর ও আণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল। এ দুটি বিষয় তাপমাত্রা বা অন্য কিছুর উপর নির্ভরশীল না হওয়ায় মোল ভগ্নাংশ তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২৭(ক)। 500 g পানিতে 30 g চিনি দ্রবীভূত করা হল। ঐ দ্রবণে পানি ও চিনির মোল ভগ্নাংশ হিসাব কর।** [দি. বো. ২০০৯]

**সমাধান ঃ** পানির গ্রাম আণবিক ভর = 18 g

$\therefore$ 18 g পানি = 1 mol পানি

$\therefore$ 500 g পানি = $\frac{500}{18}$ mol পানি

আবার চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) এর গ্রাম আণবিক ভর = 342 g

$\therefore$ 342 g চিনি = 1 mol চিনি

30 g চিনি = $\frac{30}{342}$ mol চিনি

দ্রবণে উভয় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = $\left(\frac{500}{18} + \frac{30}{342}\right) = \left(\frac{9500 + 30}{342}\right) = \frac{9530}{342}$ mol

ঐ দ্রবণে পানির মোল ভগ্নাংশ, $x_A = \frac{500/18}{9530/342} = 0.997$ (প্রায়)

$\therefore$ ঐ দ্রবণে চিনির মোল ভগ্নাংশ, $x_B = (1 - 0.997) = 0.003$ (প্রায়)

**উত্তর ঃ** পানির মোল ভগ্নাংশ = 0.997 (প্রায়),
চিনির মোল ভগ্নাংশ = 0.003 (প্রায়)।

## ৪.১৩। দ্রবণের আয়তন ও মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক, তাদের রূপান্তর

**Relation between Volume of Solution & Molar Concentration and their conversion**

**(ক) নির্দিষ্ট মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ থেকে অপর নির্দিষ্ট মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ তৈরি বা রূপান্তর ঃ**

মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে, 1.0 L 1 M দ্রবণ $\equiv$ 1.0 মোল দ্রব।

যেমন, 1.0 L আয়তনের 1 M NaOH দ্রবণ $\equiv$ 1.0 মোল NaOH $\equiv$ 40.0 g NaOH

2.0 L আয়তনের 1 M NaOH দ্রবণ $\equiv$ 2.0 মোল NaOH $\equiv$ 80.0 g NaOH

অনুরূপভাবে, 1.0 L আয়তনের 2 M NaOH দ্রবণ $\equiv$ 2.0 মোল NaOH $\equiv$ 80.0 g NaOH

উপরের দুটি সম্পর্ক থেকে আমরা লিখতে পারি ঃ

1.0 L আয়তনের 2 M NaOH দ্রবণ $\equiv 1 \times 2.0$ L আয়তনের 1 M NaOH দ্রবণ

$\therefore$ সব মোলার দ্রবণের জন্য লিখতে পারি ঃ

'x' L আয়তনের 'y' M কোন দ্রবণ $\equiv x \times y$ L আয়তনের 1 M ঐ দ্রবণ

যেমন, 500 mL আয়তনের 0.5 M NaOH $\equiv 500 \times 5$ mL আয়তনের 0.1 M NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 2500 mL আয়তনের 0.1 M NaOH দ্রবণ।

**(খ) দ্রবণের লঘুকরণ ঃ** পরীক্ষাগারে বিভিন্ন বিশ্লেষণ কাজের জন্য গাঢ় এসিড দ্রবণ থেকে লঘু এসিড দ্রবণ তৈরি করতে হয়। উচ্চ মোলার দ্রবণ থেকে নিম্ন মোলার দ্রবণ তৈরি করার প্রক্রিয়াকে দ্রবণের **লঘুকরণ** বলা হয়। লঘুকরণের মূলভিত্তি হল নিম্নরূপ ঃ

আমরা জানি, দ্রবের মোল সংখ্যা = মোলারিটি $\times$ লিটার এককে দ্রবণের আয়তন।

সুতরাং $M_1$ মোলারিটির $V_1$ লিটার দ্রবণে পানি যোগ করে $V_2$ লিটার করা হল এবং এ দ্রবণের ঘনমাত্রা $M_2$ ধরা হলে, তখন উভয় দ্রবণের মোল সংখ্যা সমান থাকার কারণে লঘুকরণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিম্নরূপ সম্পর্ক হয় ঃ

$$\boxed{V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2}$$

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২৮। 100 mL 0.5M $Na_2CO_3$ দ্রবণ থেকে কত mL ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ তৈরি করা যাবে?** [ঢা. বো. ২০০২]

**সমাধান ঃ** লঘুকরণের সম্পর্ক মতে,

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

বা, $100\ mL \times 0.5\ M = V_2 \times 0.1\ M$

বা, $V_2 = \frac{100\ mL \times 0.5\ M}{0.1\ M}$

$= 500\ mL.$ **(উত্তর)**

১ম অবস্থায়

$Na_2CO_3$ দ্রবণের আয়তন, $V_1 = 100\ mL$

$Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_1 = 0.5\ M$

২য় অবস্থায় (লঘুকরণ)

$Na_2CO_3$ দ্রবণের আয়তন, $V_2 = ?$

$Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_2 = 0.1\ M$

**উদাহরণ ২৯। 60 mL 0.5 M HCl দ্রবণ, 40 mL 2MHCl দ্রবণ ও 2 mL 1 M HCl দ্রবণকে একটি 250 mL পরিমাপক ফ্লাস্কে নিয়ে শেষে পানি যোগ করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হল। ঐ প্রস্তুত এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? ঐ দ্রবণে কত গ্রাম বিশুদ্ধ HCl আছে?** [কু. বো. ২০১১]

**সমাধান ঃ** প্রথমে তিনটি ভিন্ন ঘনমাত্রার HCl দ্রবণকে একটি তুল্য 1M HCl দ্রবণে পরিণত করি।

60 mL 0.5 M HCl দ্রবণ $\equiv 60 \times 0.5$ mL তুল্য 1 M HCl

$= 30$ mL তুল্য 1 M HCl

40 mL 2 M HCl দ্রবণ $\equiv 40 \times 2$ mL তুল্য 1 M HCl

$= 80$ mL তুল্য 1 M HCl

20 mL 1 M HCl দ্রবণ $\equiv 20$ mL তুল্য 1 M HCl

$\therefore$ তুল্য 1 M HCl দ্রবণের মোট আয়তন $= (30 + 80 + 20) = 130$ mL

লঘুকরণের সম্পর্ক মতে,

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

বা, $130\ mL \times 1\ M = 250\ mL \times M_2$

বা, $M_2 = \frac{130\ mL \times 1\ M}{250\ mL}$

$= 0.52\ M$ **(উত্তর)**

১ম অবস্থায়,

তুল্য HCl এর আয়তন, $V_1 = 130$ mL

তুল্য HCl এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 1\ M$

লঘুকৃত অবস্থায়,

HCl দ্রবণের আয়তন, $V_2 = 250$ mL

HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_2 = ?$

আবার, মোলার ঘনমাত্রা, $M = \frac{\text{মোল এককে দ্রবের ভর } (n)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন } (L)}$

$\therefore\ 0.52\ molL^{-1} = \frac{n}{0.250}\ molL^{-1}$

$\therefore\ n = 0.52 \times 0.250 = 0.13$ মোল

1 মোল HCl = 36.5 g HCl

$\therefore$ 0.13 মোল HCl $= 36.5 \times 0.13$ g HCl $= 4.745$ g HCl **(উত্তর)**।

## ৪.১৪। টাইট্রেশন বা অনুমাপন

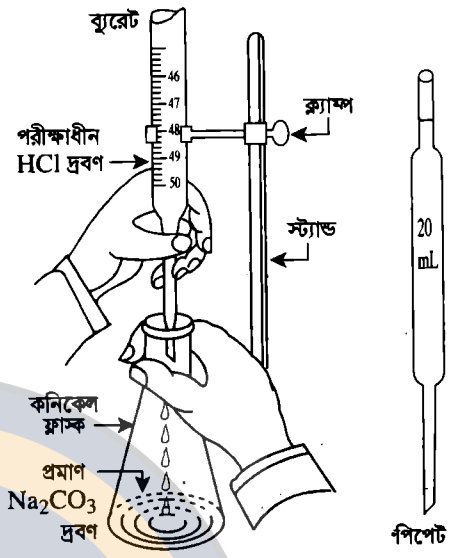
### Titration

**টাইট্রেশন ঃ অজ্ঞাত ঘনমাত্রার কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের উদ্দেশ্যে উক্ত দ্রবণের কত আয়তনের সাথে কোন প্রয়োজনীয় বিকারকের প্রমাণ দ্রবণের কত আয়তন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করতে পারে তা উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে নির্ণয় করার পরীক্ষা পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বা অনুমাপন বলা হয়।**

যে টাইট্রেশনে পরীক্ষাধীন দ্রবণ ও প্রমাণ দ্রবণরূপে অম্ল ও ক্ষার দ্রবণ ব্যবহৃত হয় তাকে অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশন বলা হয়।

http://pdfcorner.com

টাইট্রেশন হল আয়তনিক বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া। টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক পদার্থ রূপে (i) পরীক্ষাধীন নমুনা দ্রবণ, (ii) প্রমাণ দ্রবণ ও (iii) নির্দেশক পদার্থ দরকার। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতিরূপে– (১) কনিকেল ফ্লাস্ক, (২) পিপেট ও (৩) ব্যুরেট ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ৪.২ ঃ অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশন।

**নির্দেশক ঃ** টাইট্রেশনকালে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ধারণের জন্য কনিকেল ফ্লাস্কের দ্রবণে এমন একটি জৈব যৌগ যোগ করা হয়, বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দুতে যার সুস্পষ্ট বর্ণ পরিবর্তন ঘটে। ব্যবহৃত এ জৈব যৌগকে নির্দেশক বা সূচক (indicator) বলা হয়। অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক হল মিথাইল অরেঞ্জ, ফেনলফ্থ্যালিন ইত্যাদি। [ দশম অধ্যায়ে নির্দেশক সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে ]

**(ক) অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনের মূলনীতি ঃ** অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনের মূলনীতি হল প্রশমন বিক্রিয়া। দ্রবণে অম্ল ও ক্ষার আয়নিত হয়ে যথাক্রমে $H^+$ ও $OH^-$ দেয়। উৎপন্ন $H^+$ ও $OH^-$ সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে প্রশম বস্তু পানি অণু সৃষ্টি করে। টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুতে টাইট্রেশন মিশ্রণে কেবল প্রশম বস্তু পানি ও লবণ থাকে। যেমন HCl এসিড ও NaOH ক্ষার দ্রবণে প্রশমন বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow \boxed{H^+\ (aq)} + Cl^-\ (aq) + Na^+\ (aq) + \boxed{OH^-\ (aq)}$$
$$\rightarrow H_2O\ (l) + Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$

আবার $Na_2CO_3$ দ্রবণ ও HCl দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ায় কার্বনেট ($CO_3^{2-}$) আয়ন থেকে অক্সাইড আয়ন ($O^{2-}$) মুক্ত হয়ে $H^+$ আয়নের সাথে প্রশমন বিক্রিয়া ঘটায় ও $CO_2$ গ্যাস মুক্ত করে।

$$2HCl\ (aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow \boxed{2H^+(aq)} + 2Cl^-\ (aq) + 2Na^+\ (aq) + \boxed{CO_3^{2-}\ (aq)}$$
$$\rightarrow \boxed{H_2O\ (l) + CO_2\ (g)} + 2Na^+\ (aq) + 2Cl^-\ (aq)$$

**অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনের উদাহরণ ঃ** (১) প্রথমে আয়তনিক ফ্লাস্ক থেকে পিপেটের সাহায্যে 20 mL প্রমাণ 0.1M $Na_2CO_3$ দ্রবণ একটি কনিকেল ফ্লাস্কে নেয়া হয়। এ দ্রবণে দু ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করা হয়। তখন ক্ষারধর্মী $Na_2CO_3$ দ্রবণে নির্দেশকের **বর্ণ হলুদ** হয়।

(২) অতঃপর ব্যুরেটে নেয়া পরীক্ষাধীন HCl দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় কনিকেল ফ্লাস্কের দ্রবণে যোগ করা হয়। এরূপে HCl দ্রবণ যোগ করার কালে হঠাৎ ফ্লাস্কের **দ্রবণের কিছু অংশে কমলা বর্ণ** দেখা দেয়। তখন অম্ল–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া প্রায় সমাপ্তির পথে প্রকাশ পায়।

(৩) শেষে ঐ দ্রবণে 2–1 ফোঁটা HCl দ্রবণ যোগ করলে সম্পূর্ণ মিশ্রণটি **লাল বর্ণ** ধারণ করে এবং **টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু** (অর্থাৎ $Na_2CO_3$ ও HCl এর প্রশমন বিক্রিয়া শেষ হয়েছে) নির্দেশ করে।

(৪) এখন ব্যুরেট থেকে যোগ করা HCl দ্রবণের আয়তনের **পাঠ নেয়া হয়**। ধরা যাক, 25 mL পরীক্ষাধীন HCl দ্রবণ এ টাইট্রেশনে ব্যবহৃত হয়েছে।

(৫) টাইট্রেশনের মূলনীতি অনুসারে এখন নিম্নের রাসায়নিক বিক্রিয়ার মোল আনুপাতিক সম্পর্ক থেকে পরীক্ষাধীন HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা হিসাব করা যায়।

$$Na_2CO_3\ (aq) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow 2NaCl\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$
1 mol 2 mol

http://pdfcorner.com

সমীকরণ মতে, ব্যবহৃত দ্রবণের আয়তন ও মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক থেকে আমরা পাই–

$$\frac{V_1 \times M_1\,(Na_2CO_3)}{V_2 \times M_2\,(HCl)} = \frac{1\text{ মোল}}{2\text{ মোল}};$$

বা, $2 \times V_1 \times M_1 = 1 \times V_2 \times M_2$, [ বজ্রগুণন ]

বা, $2 \times 20\text{ mL} \times 0.1\text{ M} = 25\text{ mL} \times M_2$

বা, $M_2 = \frac{4.0}{25}\,(M) = 0.16\,(M)$

এখানে,

$Na_2CO_3$ এর আয়তন, $V_1 = 20$ mL

$Na_2CO_3$ এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 0.1$ M

HCl দ্রবণের আয়তন, $V_2 = 25$ ml

HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_2 = ?$

সুতরাং টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় পরীক্ষাধীন HCl এর নির্ণীত ঘনমাত্রা হল 0.16 (M)

## ৪.১৪.১। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

### Acidimetry and Alkalimetry

**অম্লমিতি ঃ** প্রশমন বিক্রিয়ার মূলনীতির উপর ভিত্তি করে **প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের** সাহায্যে প্রয়োজনীয় নির্দেশক পদার্থের উপস্থিতিতে **অজানা ঘনমাত্রার এসিড** দ্রবণের টাইট্রেশন করে ঐ এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়; এ প্রক্রিয়াকে **অম্লমিতি** বলা হয়। যেমন, প্রমাণ 0.1 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে এর মধ্যে দুই ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করা হয়। পরে ব্যুরেট থেকে অজ্ঞাত ঘনমাত্রার পরীক্ষাধীন HCl দ্রবণ যোগ করে টাইট্রেশন করা হয়। কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণটি লাল বর্ণ হলে টাইট্রেশন বন্ধ করা হয়। ব্যবহৃত HCl দ্রবণের আয়তন জেনে ঐ HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা যায়। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{\text{প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ}}{Na_2CO_3\,(aq)} + \underset{\text{নমুনা এসিড দ্রবণ}}{2HCl\,(aq)} \longrightarrow 2NaCl\,(aq) + CO_2\,(g) + H_2O\,(l)$$

**ক্ষারমিতি ঃ** প্রশমন বিক্রিয়ার মূলনীতির উপর নির্ভর করে প্রমাণ **এসিড দ্রবণের** সাহায্যে প্রয়োজনীয় নির্দেশক পদার্থের উপস্থিতিতে **অজানা ঘনমাত্রার ক্ষার** দ্রবণের টাইট্রেশন করে ঐ ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়; ঐ প্রক্রিয়াকে **ক্ষারমিতি** বলা হয়। যেমন, প্রমাণ 0.05 M অক্সালিক এসিডের 20 mL কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে এর মধ্যে দুই ফোঁটা ফেনলফথ্যালিন নির্দেশক যোগ করা হয়। পরে ব্যুরেট থেকে পরীক্ষাধীন নমুনা NaOH দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণটি **হালকা গোলাপী** হলে টাইট্রেশন বন্ধ করা হয়। ব্যবহৃত NaOH দ্রবণের আয়তন জেনে ঐ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা যায়। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{\text{প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্রবণ}}{HOOC—COOH\,(aq)} + \underset{\text{নমুনা ক্ষার দ্রবণ}}{2\,NaOH\,(aq)} \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট}}{NaOOC—COONa\,(aq)} + 2H_2O(l)$$

## ৪.১৪.২। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ

### Primary Standard Substances and Secondary Standard Substances

আয়তনিক বিশ্লেষণের টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণের বস্তুসমূহকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ–এ দু'শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

**প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ঃ** যেসব কঠিন রাসায়নিক পদার্থ (i) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, (ii) বায়ুর সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ বায়ুস্থ $CO_2$, $O_2$ ও জলীয় বাষ্প দ্বারা আক্রান্ত হয় না, (iii) রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ভর মেপে প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় এবং (iv) প্রস্তুত প্রমাণ দ্রবণের ঘনমাত্রা অনেকদিন পর্যন্ত অপরিবর্তিত থাকে, সেসব পদার্থকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয়। যেমন, (১) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) ক্ষার, (২) কেলাসিত ইথেন ডাই–অয়িক এসিড বা অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4 . 2H_2O$). (৩) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) জারক পদার্থ, (৪) কেলাসিত সোডিয়াম ইথেন ডাই অয়েট বা অক্সালেট ($Na_2C_2O_4 . 2H_2O$) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি হল প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

**ব্যবহার ঃ** (i) আয়তনিক বিশ্লেষণে প্রমাণ দ্রবণ যেমন 0.1 M দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ব্যবহৃত হয়।

**সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ঃ** যেসব পদার্থ (i) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, (ii) অথবা বায়ুর সংস্পর্শে $CO_2$, $O_2$ দ্বারা আক্রান্ত হয় অথবা জলীয় বাষ্প শোষণ করে অর্থাৎ পানিগ্রাহী (hygroscopic), (iii) রাসায়নিক নিক্তির

http://pdfcorner.com

ক্ষতি করে বলে রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ভর মেপে প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না এবং (iv) দ্রবণ প্রস্তুত করে কিছু সময় রেখে দিলে দ্রবণের ঘনমাত্রা ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয়ে যায়, সেসব পদার্থকে সেকেন্ডারি পদার্থ বলা হয়। তাই তাদের আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করে কোন উপযুক্ত প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে তাদের দ্রবণের সঠিক ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়। যেমন– (১) কস্টিক সোডা (NaOH) ক্ষার, (২) সালফিউরিক এসিড ($H_2SO_4$), (৩) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) জারক পদার্থ, (৪) সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি হল সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

**ব্যবহার ঃ** আয়তনিক বিশ্লেষণে প্রয়োজনীয় দ্রবণ প্রস্তুতিতে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ব্যবহৃত হয়।

**গাঢ় $H_2SO_4$ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়;** কারণ (i) গাঢ় $H_2SO_4$ পানিগ্রাহী তরল পদার্থ; (ii) গাঢ় $H_2SO_4$ অত্যন্ত ক্ষয়কারক; গাঢ় $H_2SO_4$ রাসায়নিক নিক্তির সংস্পর্শে নিক্তির ক্ষয় সাধন করে। তাই গাঢ় $H_2SO_4$ কে রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন করা হয় না। এ সব কারণে গাঢ় $H_2SO_4$ হল সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

অনুরূপভাবে, **$KMnO_4$ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়;** কারণ $KMnO_4$ দ্রবণকে কিছু সময় রেখে দিলে দ্রবণের ঘনমাত্রা ধীরে ধীরে হ্রাস পায়; $KMnO_4$ বিযোজিত হয়ে $MnO_2$ তে পরিণত হয়। সূর্যালোকে এ $KMnO_4$ পানিকে জারিত করে $O_2$ তৈরি করে এবং জীবকোষের সংস্পর্শে $KMnO_4$ এর বিযোজন সহজেই ঘটে। এ সব কারণে $KMnO_4$ হল সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

## ৪.১৫। মোলার ঘনমাত্রা ব্যবহার করে গাণিতিক সমস্যা সমাধানের নিয়ম

### Method of Solution of Problems by Using Molar Concentration Unit

আধুনিককালে দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটি এককে ব্যবহৃত হচ্ছে। তাই এ অধ্যায়ে টাইট্রেশনের বেলায় গণনা বিষয়ের সমস্যাদি সমাধানে মোল ও মোলার দ্রবণ ব্যবহারের সূত্র নিম্নে আলোচনা করা হল।

মনে করি, একটি বিক্রিয়ক A এবং আরেকটি বিক্রিয়ক B নিম্নরূপে বিক্রিয়া করে

$$aA + bB = cC + dD$$

ধরা যাক, একটি টাইট্রেশনে $M_A$ ঘনমাত্রার $V_A$ লিটার A এর দ্রবণ $M_B$ ঘনমাত্রার $V_B$ লিটার B এর দ্রবণের সাথে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির সমীকরণ হতে নিম্নরূপ লেখা যায় ঃ

$$\frac{\text{বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে A এর মোল সংখ্যা}}{\text{বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে B এর মোল সংখ্যা}} = \frac{a}{b}$$

বা, b × (বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে A এর মোল সংখ্যা) = a × (বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে B এর মোল সংখ্যা) ... (i)

আবার বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে A এর মোল সংখ্যা = A এর মোলার ঘনমাত্রা ($mol\ L^{-1}$) × লিটারে আয়তন (L)

$$= M_A \times V_A \text{ mol} \quad \ldots \quad \text{(ii)}$$

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রবণে B এর মোল সংখ্যা = B এর মোলার ঘনমাত্রা ($molL^{-1}$) × লিটারে আয়তন (L)

$$= M_B \times V_B \text{ mol} \quad \text{(iii)}$$

সমীকরণ (ii) ও (iii) হতে A ও B এর মোল সংখ্যা সমীকরণ (i) এ বসালে পাওয়া যায়,

$$b \times M_A \times V_A = a \times M_B \times V_B \quad \ldots \quad \text{(iv)}$$

অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণে, B এর সহগ × A এর মোলার ঘনমাত্রা × লিটারে A এর দ্রবণের আয়তন

= A এর সহগ × B এর মোলার ঘনমাত্রা × লিটারে B এর দ্রবণের আয়তন।

গাণিতিক গণনার জন্য $V_A$ ও $V_B$ এর উভয়ক্ষেত্রে একই একক ব্যবহার করতে হবে। এখানে A বা B এর প্রকৃতি অম্ল বা ক্ষার, জারক বা বিজারক হতে পারে অর্থাৎ উপরিউক্ত সমীকরণ সব ধরনের মাত্রিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

[ SI Unit বা আধুনিক নিয়মে দৈর্ঘ্যের প্রমাণ একক মিটার। সুতরাং আয়তনের প্রমাণ একক হয় মিটার$^৩$ (বা $m^3$)। কিন্তু এ একক খুব বড় হওয়ায় (০·১ মিটার)$^৩$ বা (১ ডেসিমিটার)$^৩$ বা ($dm^3$) কে আয়তনের প্রমাণ একক ধরা হয়। এটি ১ লিটারের প্রায় সমান এবং কার্যত ১ লিটারের সমান ধরা যায়। একে ইংরেজিতে $dm^3$ এবং বাংলায় ডেমি$^৩$ দ্বারা সংক্ষেপিত করা হয়। আধুনিক নিয়মে ঘনমাত্রাকে গ্রাম/ডেমি$^৩$ (অর্থাৎ $g\ dm^{-3}$), মোল/ডেমি$^৩$ (অর্থাৎ $mol\ dm^{-3}$) বা $mol\ L^{-1}$ এ দুটি এককে প্রকাশ করা হয়। ]



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩০। 25 mL একটি $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণকে প্রশমিত করতে 10·2 mL 0·05 M $H_2SO_4$ এর প্রয়োজন হয়। (ক) মোলারিটিতে $Na_2CO_3$ দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। (খ) 1 L দ্রবণে $Na_2CO_3$ এর ভর নির্ণয় কর।** [সি. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** (ক) $Na_2CO_3$ ও $H_2SO_4$ এর মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$H_2SO_4\,(aq) + Na_2CO_3\,(aq) \longrightarrow Na_2SO_4\,(aq) + H_2O\,(g) + CO_2\,(g)$$
1 mol 1 mol

সমীকরণ হতে এটি স্পষ্ট যে, 1 mol $H_2SO_4$ এর সাথে 1 mol $Na_2CO_3$ বিক্রিয়া করেছে।

প্রশমনের সমীকরণ মতে,

$b\,M_A \times V_A = a\,M_B \times V_B$

$\therefore\ M_B = \dfrac{b\,M_A V_A}{a\,V_B}$

$= \dfrac{1 \times 0{\cdot}05 \times 10{\cdot}2}{1 \times 25}$

$= 0{\cdot}0204\ molL^{-1}$

এখানে,
অম্লের ঘনমাত্রা, $M_A = 0{\cdot}05\ molL^{-1}$
অম্লের আয়তন, $V_A = 10{\cdot}2$ L
অম্লের মোল সংখ্যা, a = 1
ক্ষারের ঘনমাত্রা, $M_B$ = ?
ক্ষারের আয়তন, $V_B$ = 25 mL
ক্ষারের মোল সংখ্যা, b = 1

**উত্তর ঃ** $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা = 0·0204 M।

(খ) $Na_2CO_3$ এর আপেক্ষিক আণবিক ভর = $(23 \times 2 + 12 + 16 \times 3) = 106$।

$\therefore$ 1 M $Na_2CO_3$ এর 1 L দ্রবণে $Na_2CO_3$ থাকে = 106 g

$\therefore$ 0·0204 M $Na_2CO_3$ এর 1 L দ্রবণে $Na_2CO_3$ থাকে = $106 \times 0{\cdot}0204$ g
$= 2{\cdot}1624$ g

**উত্তর ঃ** 1 L দ্রবণে $Na_2CO_3$ এর ভর হল 2·1624 g

**উদাহরণ ৩১। কোন কস্টিক সোডা দ্রবণে 20 mL কে প্রশমিত করার জন্য 0·5 M $H_2SO_4$ এসিডের 20·5 mL প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষার দ্রবণের মোলারিটি কত এবং তাতে প্রতি L আয়তনে কত গ্রাম কস্টিক সোডা আছে, তা নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** $H_2SO_4$ ও NaOH এর মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$H_2SO_4\,(aq) + 2\,NaOH\,(aq) \longrightarrow Na_2SO_4\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$$
1 mol 2 mol

সমীকরণ হতে এটি স্পষ্ট যে, 1 mol $H_2SO_4$ বিক্রিয়া করে 2 mol NaOH এর সাথে।

অম্ল–ক্ষার প্রশমনের সূত্র মতে,

$a\,M_B V_B = b\,M_A V_A$

$\therefore\ M_B = \dfrac{b\,M_A V_A}{a\,V_B}$,

$= \dfrac{2 \times 0{\cdot}5 \times 20{\cdot}5}{1 \times 20}$,

$= 1{\cdot}025\ mol\ L^{-1}$

$\therefore$ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা = 1·025 M

আবার NaOH এর সংকেত ভর = 40

এখানে,
ক্ষারের দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_B$ = ?
ক্ষারের দ্রবণের আয়তন, $V_B$ = 20 mL
দ্রবণে ক্ষারের মোল সংখ্যা, b = 2
অম্লের দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_A = 0{\cdot}5\ molL^{-1}$
অম্লের দ্রবণের আয়তন, $V_A$ = 20·5 mL
দ্রবণে অম্লের মোল সংখ্যা, a = 1

$\therefore$ 1 M NaOH এর 1 L দ্রবণে NaOH দ্রবীভূত থাকে = 40 g

$\therefore$ 1·025 M NaOH এর 1 L দ্রবণে NaOH থাকে = $40 \times 1{\cdot}025$ g
$= 41{\cdot}0$ g

**উত্তর ঃ** NaOH এর দ্রবণের মোলারিটি = $1{\cdot}025\ molL^{-1}$ এবং প্রতি L দ্রবণে NaOH আছে = 41 g।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩২। 500 mL আয়তনের $H_2SO_4$ দ্রবণে 49 g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত আছে। উক্ত দ্রবণের 50 mL পরিমাণকে 10% NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কী পরিমাণ NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হবে?**

[ব. বো. ২০০৪, ২০১১; য. বো. ২০০৭]

**সমাধান ঃ** প্রথমে $H_2SO_4$ দ্রবণ ও 10% NaOH দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করি।

(i) $H_2SO_4$ দ্রবণের লিটারে আয়তন $= \frac{500}{1000}$ L $= 0.5$ L

দ্রবীভূত $H_2SO_4$ এর মোল সংখ্যা $= \frac{49\ g}{98\ g} = 0.5$ mol

$\therefore$ $H_2SO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, $M_1 = \frac{H_2SO_4 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 1 \text{ molL}^{-1}$

(ii) 10% NaOH দ্রবণের বেলায় এর 100 mL দ্রবণে 10 g NaOH থাকে।

$\therefore$ লিটারে ঐ NaOH দ্রবণের আয়তন $= \frac{100}{1000} = 0.1$ L

দ্রবীভূত NaOH এর মোল সংখ্যা $= \frac{10\ g}{40\ g} = 0.25$ mol

$\therefore$ NaOH দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, $M_2 = \frac{\text{NaOH এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 2.5 \text{ molL}^{-1}$

$H_2SO_4$ ও NaOH এর পূর্ণ প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$H_2SO_4\ (aq) + 2\ NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2SO_4\ (aq) + 2\ H_2O\ (l)$

1 mol 2 mol

সমীকরণ মতে, পূর্ণ প্রশমনের বেলায়, 1 mol $H_2SO_4$ 2 mol NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করেছে।

$\therefore \frac{V_1 \times M_1\ (H_2SO_4)}{V_2 \times M_2\ (NaOH)} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$

বা, $2 \times V_1 \times M_1 = 1 \times V_2 \times M_2$

বা, $2 \times 50 \text{ mL} \times 1 \text{ molL}^{-1} = 1 \times V_2 \times 2.5 \text{ molL}^{-1}$

$\therefore V_2 = \frac{2 \times 50 \text{ mL} \times 1 \text{ molL}^{-1}}{1 \times 2.5 \text{ molL}^{-1}} = 40$ mL

এখানে, $H_2SO_4$ এর আয়তন, $V_1 = 50$ mL

$H_2SO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 1 \text{ molL}^{-1}$

NaOH দ্রবণের আয়তন, $V_2 = ?$

NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_2 = 2.5 \text{ molL}^{-1}$

**উত্তর ঃ** 50 mL NaOH দ্রবণ।

**উদাহরণ ৩৩। এক টুকরা ম্যাগনেসিয়ামকে 20 mL 0·1 M HCl-এ দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণের অতিরিক্ত এসিডকে প্রশমিত করতে 7·5 mL 0·2 M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। ম্যাগনেসিয়াম টুকরার ভর কত ছিল?**

**সমাধান ঃ** $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

1 mol 1 mol

7·5 mL 0·2 M NaOH $\equiv$ 15 mL 0·1 M NaOH $\equiv$ 15 mL 0·1 M HCl [ সমীকরণ মতে ]

$\therefore$ প্রদত্ত Mg টুকরার সাথে বিক্রিয়াকালে ব্যবহৃত 0·1 M HCl এর আয়তন = (20 – 15) = 5 mL।

আবার HCl এর মোল এককে পরিমাণ = লিটারে আয়তন $\times$ মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{5 \times 0{\cdot}1}{1000}$ mol

$\therefore$ গ্রাম এককে HCl এর পরিমাণ $= \frac{5 \times 0{\cdot}1 \times 36{\cdot}5}{1000} = 0{\cdot}01825$ g HCl

আবার Mg ধাতু ও HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$Mg\ (s) + 2HCl\ (aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

24 g $2 \times 36{\cdot}5$ g $\therefore$ $2 \times 36{\cdot}5$ g HCl এসিডে দ্রবীভূত হয় 24 g Mg

$\therefore$ 0·01825 g HCl এসিডে দ্রবীভূত হয় $= \frac{24 \times 0{\cdot}01825}{2 \times 36{\cdot}5} = 0{\cdot}006$ g Mg **(উঃ)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩৪। 25 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1 M HCl দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হল। কিন্তু পূর্ণ প্রশমনের জন্য 0.15 M HCl দ্রবণের আরো 400 mL প্রয়োজন হল। NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা কত?** [সি. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** NaOH দ্রবণ ও HCl দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

1 mol 1 mol

সমীকরণ মতে, 1 mol HCl ≡ 1 mol NaOH

বা, 1000 mL 1 M HCl দ্রবণ ≡ 1 mol NaOH

$\therefore$ 10 mL 0.1 M HCl দ্রবণ $\equiv \frac{1 \times 10 \times 0.1}{1000}$ mol NaOH

$\equiv$ 0.001 mol NaOH

আবার ২য় অবস্থায় পূর্ণ প্রশমনের বেলায়–

সমীকরণ মতে, 1 mol HCl ≡ 1 mol NaOH

বা, 1000 mL 1 M HCl দ্রবণ ≡ 1 mol NaOH

$\therefore$ 400 mL 0.15 M HCl দ্রবণ $\equiv \frac{1 \times 400 \times 0.15}{1000}$ mol NaOH

$\equiv$ 0.06 mol NaOH

$\therefore$ প্রশ্নমতে, 25 ml NaOH দ্রবণে বিশুদ্ধ NaOH আছে = (0.001 + 0.06) mol = 0.061 mol

$\therefore$ NaOH দ্রবণের মোলারিটি, $M = \frac{\text{NaOH এর মোলসংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

বা, মোলারিটি, $M = \frac{0.061\ mol}{0.025\ L} = 2.44\ molL^{-1}$ [ $\because$ 25 mL = 0.025 L ]

$\therefore$ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা = 2.44 molL বা, 2.44 (M) (উত্তর)

**উদাহরণ ৩৫। 0.23 g ভরের কোন এক অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 0.25 L দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। এ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 57.5 mL 0.1 M HCl প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষারটির গ্রাম–আণবিক ভর কত?** [ঢা. বো. ২০০৪; য. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০১০]

**সমাধান ঃ** এক অম্লীয় ক্ষারের অণুতে একটি মাত্র $OH^-$ আয়ন থাকে এবং এটি এক মোল HCl কে পূর্ণ প্রশমিত করে। যেমন–

$$\underset{1\ mol}{HCl\ (aq)} + \underset{1\ mol}{OH^-\ (aq)} \longrightarrow H_2O\ (l) + Cl^-\ (aq)$$

1 mol HCl = 1000 mL 1 M HCl দ্রবণ।

প্রশ্নমতে, 57.5 mL 0.1 M HCl ≡ 0.23 g ক্ষার

$\therefore$ 1000 mL 1 M HCl দ্রবণ $\equiv \frac{0.23 \times 1000}{57.5 \times 0.1}$ g = 40 g ক্ষার = 1 mol ক্ষার

**উত্তর ঃ** ক্ষারটির গ্রাম–আণবিক ভর = 40 g

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩৬। 12 g $CaCO_3$ কে HCl এসিডে দ্রবীভূত করলে যে পরিমাণ $CO_2$ গ্যাস নির্গত হয়, একে সম্পূর্ণরূপে $Na_2CO_3$ এ পরিণত করতে 650 mL কস্টিক সোডা দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ক্ষারক দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে কত হবে?** [য. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** $CaCO_3$ এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ায় $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন $CO_2$ গ্যাস ও NaOH দ্রবণের বিক্রিয়ায় $Na_2CO_3$ উৎপন্ন হয়। উভয় বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{100g}{CaCO_3}\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O(l) + \underset{1\ mol}{CO_2}\,(g)$$

$$\underset{2\ mol}{2\,NaOH}\,(aq) + \underset{1\ mol}{CO_2}\,(g) \longrightarrow Na_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$

প্রথম সমীকরণ মতে, 100 g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 1 mol $CO_2$ গ্যাস।

$$\therefore \text{ 12 g } CaCO_3 \text{ থেকে উৎপন্ন হয় } \frac{1 \times 12}{100} \text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস।}$$

$$= 0.12 \text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস।}$$

আবার দ্বিতীয় সমীকরণ মতে, 1 mol $CO_2$ গ্যাস ≡ 2 mol NaOH

$$0.12 \text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস} \equiv 2 \times 0.12 \text{ mol NaOH} \equiv 0.24 \text{ mol NaOH}$$

প্রশ্নমতে, 650 mL দ্রবণে 0.24 mol NaOH দ্রবীভূত আছে।

$$\therefore \text{ 1 L বা, 1000 mL দ্রবণে } \frac{0.24 \times 1000}{650} \text{ mol NaOH দ্রবীভূত আছে।}$$

$$= 0.3692 \text{ mol NaOH দ্রবীভূত আছে।}$$

∴ **উত্তর ঃ** ক্ষারক দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা হবে = 0.37 M (প্রায়)।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **যৌগের আণবিক সংকেত থেকে তার শতকরা সংযুক্তি গণনা ঃ** কোন যৌগের ১০০ ভাগ ভরে কোন কোন মৌলের কতভাগ ভর বিদ্যমান তা প্রকাশকে সে যৌগের শতকরা সংযুক্তি বলা হয়। এ গণনা নিম্নোক্তভাবে করা হয় ঃ

(১) প্রথমে যৌগের আণবিক সংকেত থেকে তার আপেক্ষিক আণবিক ভর বের করতে হবে।

(২) অতঃপর যৌগটির অণুতে বিদ্যমান প্রতিটি মৌলের ভরের পরিমাণকে আপেক্ষিক আণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে ১০০ দ্বারা গুণ করলে যৌগটির শতকরা সংযুক্তি পাওয়া যাবে।

✪ **স্থূল সংকেত ঃ** কোন যৌগের অণুতে কোন্ কোন্ মৌল আছে এবং সে সব মৌলের পরমাণুসমূহের সংখ্যা কি ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে আছে, তার সংক্ষিপ্ত প্রকাশকে ঐ যৌগের স্থূল সংকেত বলা হয়।

✪ **আণবিক সংকেত ঃ** কোন যৌগের অণুতে কোন্ কোন্ মৌল আছে এবং প্রতিটি মৌলের পরমাণুসমূহের প্রকৃত সংখ্যা কত, তার সংক্ষিপ্ত প্রকাশকে ঐ যৌগের আণবিক সংকেত বলা হয়।

✪ **যৌগের শতকরা সংযুক্তি থেকে এর স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম ঃ**

(১) মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণকে নিজ নিজ পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে যৌগের অণুতে বিদ্যমান মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যার অনুপাত বের করা হয়। (২) এ ভাগফলসমূহকে তাদের মধ্যস্থিত ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করে এর শেষে প্রয়োজনে সুবিধাজনক ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা এদের প্রত্যেককে গুণ করে পূর্ণ সংখ্যায় রূপান্তরিত করতে হয়। পূর্ণ সংখ্যাসমূহ হচ্ছে যৌগের স্থূলসংকেতে বিদ্যমান মৌলসমূহের স্ব স্ব পরমাণুর সংখ্যা।

✪ **আণবিক সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম ঃ** প্রথমে যৌগের শতকরা সংযুতি হতে এর স্থূল সংকেত নির্ণয় করতে হয়। যদি স্থূল সংকেতের ভর x এবং যৌগের সত্যিকার আণবিক ভর M হয় এবং $M \div x = n$ হয়, তবে স্থূল সংকেতে প্রতিটি মৌলের পরমাণু সংখ্যাকে n দ্বারা গুণ করে আণবিক সংকেত বের করতে হয়।

✪ **মোল ঃ** কোন যৌগের আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায়, সে পরিমাণকে তার এক মোল বলা হয়।

✪ **গ্রাম–পারমাণবিক ভর ঃ** কোন মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায়, সে পরিমাণকে তার এক গ্রাম–পারমাণবিক ভর বলা হয়। আধুনিক নিয়মে একেও এক মোল পরমাণু বলা হয়।

✪ **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ঃ** কোন বস্তুর এক মোলে যত সংখ্যক অণু থাকে, সেই সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলা হয়। একে $N_A$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর মান হচ্ছে $6{\cdot}022 \times 10^{23}$।

http://pdfcorner.com

✪ **অম্ল–ক্ষার প্রশমন ঃ** তুল্য পরিমাণ অম্ল ও ক্ষার বিক্রিয়া করে উভয়ের ধর্ম সম্পূর্ণরূপে হারিয়ে নিরপেক্ষ বস্তু লবণ ও পানি উৎপন্ন করাকে অম্ল–ক্ষার প্রশমন বলে।

✪ **দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন একক ঃ** দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য বিভিন্ন একক বিদ্যমান। যেমন– নরমালিটি, মোলারিটি, মোলালিটি, মোল ভগ্নাংশ, শতকরা পরিমাণ (w/w) ও (w/v) প্রভৃতি।

✪ **মোলার দ্রবণ ঃ** কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে 1 mol দ্রব দ্রবীভূত থাকলে তাকে মোলার দ্রবণ বলা হয়।

✪ **মোলারিটি ঃ** কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণের মোলারিটি বলা হয়।

✪ **মোলাল দ্রবণ ঃ** 1000 g দ্রাবকে 1 mol দ্রব দ্রবীভূত থাকলে তাকে ঐ দ্রবের মোলাল দ্রবণ বলা হয়।

✪ **মোলালিটি ঃ** প্রতি 1000 g দ্রাবকে দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যাকে দ্রবণের মোলালিটি বলা হয়।

✪ কোন দ্রবণের আয়তন ($V_1$) ও মোলার ঘনমাত্রা ($M_1$) এর গুণফল পরিবর্তিত বা লঘুকৃত দ্রবণের আয়তন ($V_2$) ও মোলার ঘনমাত্রার ($M_2$) গুণফলের সমান হয়। অর্থাৎ $M_1V_1 = M_2V_2$

✪ **টাইট্রেশন বা অনুমাপন ঃ** উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের সাথে একটি প্রমাণ দ্রবণের মাত্রিক বিক্রিয়া সংঘটিত করে প্রমাণ দ্রবণের তুল্য আয়তন নির্ণয়ের মাধ্যমে পরীক্ষাধীন দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বা অনুমাপন বলা হয়।

✪ **মোল ও মোলার ঘনমাত্রা একক ব্যবহার করে এসিড–ক্ষারক টাইট্রেশন সংক্রান্ত গণিতিক সমস্যা সমাধানের নিয়ম ঃ** সমতাকৃত সমীকরণ মতে,

$$\frac{\text{এসিডের [মোলারিটি } (M_A) \times \text{আয়তন } (V_A)]}{\text{ক্ষারকের [মোলারিটি } (M_B) \times \text{আয়তন } (V_B)]} = \frac{\text{এসিডের মোল সংখ্যা (a)}}{\text{ক্ষারকের মোল সংখ্যা (b)}}$$

বা, $b\ M_A \times V_A = a\ M_B \times V_B$

## অনুশীলনী–৪ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

২। আণবিক সংকেত ও স্থূল সংকেতের পার্থক্যগুলো লেখ। [ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৮, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

৩। যৌগের স্থূল সংকেত কী? স্থূল সংকেত হতে কীরূপে আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়? [দি. বো. ২০০৯]

৪। (ক) মোল বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯]

(খ) মোল কী? মোলের গুরুত্ব লেখ। [ঢা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১১]

৫। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক কী? এর উদাহরণ দাও। [ঢা. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭, ২০১০]

৬। (ক) গ্যাসের মোলার আয়তন বলতে কী বুঝ? [কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯]

(খ) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলার আয়তনের গুরুত্বসমূহ লেখ।

৭। (ক) দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন একক কী কী?

(খ) মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি বলতে কী বুঝ?

৮। (ক) মোলার দ্রবণ ও মোলাল দ্রবণ বলতে কী বুঝ? এদের মধ্যে কোনটি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয় এবং কেন তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৭, ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০০৮, ২০১১; সি. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১০, ২০১১]

(খ) দ্রবণের বিভিন্ন ঘনমাত্রা এককের মধ্যে কোন্ কোন্‌টি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয় এবং কেন?

৯। মোল বলতে কী বুঝ? কস্টিক সোডার 0·1 M ঘনমাত্রার 1 L দ্রবণ কীভাবে প্রস্তুত করা যায়?

http://pdfcorner.com

১০। অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনের মূলনীতি বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৬]

১১। $M_A$ মোলার ঘনমাত্রার $V_A$ আয়তনের একটি দ্রবণ $M_B$ মোলার ঘনমাত্রার $V_B$ আয়তনের দ্বিতীয় দ্রবণের সমতুল্য দ্রবণ দুটির দ্রব A ও B এর সমতাকৃত রাসায়নিক সমীকরণে মোল সংখ্যা যথাক্রমে a ও b হলে দেখাও যে, $bM_AV_A = aM_BV_B$

১২। **উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর ঃ**
(ক) মোলার দ্রবণ;
(খ) মোলারিটি; [ব. বো. ২০০৬]
(গ) মোলাল দ্রবণ;
(ঘ) মোলালিটি;
(ঙ) প্রমাণ দ্রবণ; [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১০; য. বো. ২০০৬]
(চ) অম্ল ক্ষার প্রশমন;
(ছ) টাইট্রেশন;
(জ) মোল ভগ্নাংশ; [কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯]
(ঝ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ; [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; কু. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১১]
(ঞ) সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১১]

১৩। দুটি প্রাইমারি ও দুটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড যৌগের নাম ও সংকেত লেখ। [ব. বো. ২০০৬]

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। **ব্যাখ্যা কর ঃ**
(১) মোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ বুঝিয়ে লেখ। [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৬]
(২) ডেসিমোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ;—ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; ব. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮]
(৩) সেমিমোলার দ্রবণ কী প্রমাণ দ্রবণ? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০১১]
(৪) গাঢ় $H_2SO_4$ কে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয় না কেন? [ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]
(৫) $KMnO_4$ কে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয় না কেন?
বা, $KMnO_4$ হল একটি সেকেন্ডারি পদার্থ;—ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১১]
(৬) $K_2Cr_2O_7$ হল একটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ;—ব্যাখ্যা কর।
(৭) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ। [ঢা. বো. ২০১১]

২। নিচের বিক্রিয়াগুলো সম্পূর্ণ কর ঃ
(১) $HSO_4^-(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow \ldots + \ldots$ [ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭]
(২) $CO_3^{2-}(aq) + H^+(aq) \longrightarrow \ldots + \ldots$
(৩) $H_2SO_4(aq) + Fe(s) \longrightarrow \ldots + \ldots$

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা ও ডাটাভিত্তিক প্রশ্ন

### (১) আণবিক সংকেত থেকে শতকরা পরিমাণ নির্ণয় ঃ

১। সোডিয়াম থায়োসালফেটের আণবিক সংকেত $Na_2S_2O_3$। এর শতকরা সংযুক্তি বের কর।
[উঃ Na = 29.1%, S = 40.5 %, O = 30.4%]

২। পটাসিয়াম ক্লোরেটের ($KClO_3$) শতকরা সংযুক্তি বের কর। [উঃ K= 31.89%, Cl = 28.96%, O = 39.15%]

৩। সালফিউরিক এসিডের শতকরা সংযুক্তি বের কর। [উঃ H = 2.04%, S = 32.65%, O = 65.31%]

http://pdfcorner.com

৪। ওয়াশিং সোডা ($Na_2CO_3\ 10H_2O$) এ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ও কেলাস পানির শতকরা পরিমাণ হিসাব কর। [উঃ অনার্দ্র $Na_2CO_3$ = 37.06%; কেলাস পানি = 62.94%]

৫। ব্লু ভিট্রিওলে অনার্দ্র কপার সালফেট ও কেলাস পানির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ $CuSO_4$ = 63.93% ও পানি = 36.07%]

৬। 0.30 g ভরের একটি লবণ পানিতে দ্রবীভূত করে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করায় 0.2870 g সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়লো লবণটিতে ক্লোরাইড আয়নের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
[Ag = 108, Cl = 35.5] [উঃ 23.7%]

৭। 0.2475 g ভরের একটি পদার্থকে দহন করে 0.49 g কার্বন ডাই–অক্সাইড ও 0.2025 g পানি পাওয়া গেল। উক্ত পদার্থে কার্বন ও হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ C = 53.98%, H = 9.10%]

**(২) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয় ঃ** আণবিক সংকেত = (স্থূল সংকেত) × n

৮। একটি দানাদার বস্তুকে বিশ্লেষণ করে দেখা গেল যে, তাতে C = 26.7%, H = 2.24% আছে। এর স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $CHO_2$] [ঢা. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৭]

৯। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিশিষ্ট একটি জৈব যৌগের 1.425 g অক্সিজেনে দহন করলে 1.771 g $CO_2$ এবং 0.725 g $H_2O$ পাওয়া যায়। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_3H_6O_4$]

১০। একটি জৈব যৌগে C, H এবং O আছে। ঐ যৌগের 2.0 g পরিমাণকে অক্সিজেনে দহন করলে 4.86 g $CO_2$ এবং 2.03 g $H_2O$ উৎপন্ন হয়। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_4H_8O$]

১১। (ক) একটি যৌগে 26.7% কার্বন, 2.24% হাইড্রোজেন এবং 71.06% অক্সিজেন আছে। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 45 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_2H_2O_4$] [চ. বো. ২০০২; কু. বো. ২০০২]

(খ) একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করে C = 54.54%, H = 9.09% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন পাওয়া গেল। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 44 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_4H_8O_2$] [চ. বো. ২০০৫; কু. বো. ২০০৮]

১২। একটি যৌগে 24.24% কার্বন, 4.04% হাইড্রোজেন ও 71.72% ক্লোরিন আছে। যৌগটির আণবিক ভর 99 হলে এর আণবিক সংকেত বের কর। [উঃ $C_2H_4Cl_2$]

১৩। Na, S, H ও O বিশিষ্ট একটি যৌগে Na = 14.31%, S = 9.97%, H = 6.25% O = 69.47% আছে এর স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত একই। যদি যৌগটির মধ্যে সমস্ত হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে কেলাস পানিরূপে থাকে, তবে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$]

১৪। একটি বস্তুর আণবিক ভর 78। তাতে Na = 58.97% এবং S = 41.03 আছে। বস্তুটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। এর নাম কী? [উঃ $Na_2S$, সোডিয়াম সালফাইড]

১৫। একটি যৌগে 75.94% কার্বন, 6.33% হাইড্রোজেন ও 17.72% নাইট্রোজেন আছে। এর বাষ্পঘনত্ব 39.5। এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_5H_5N$] [কু. বো. ২০০৪]

১৬। তামাকে নিকোটিন নামক যে ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ থাকে, এর বিশ্লেষণে 74.07% কার্বন, 8.64% হাইড্রোজেন ও 17.28% নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নিকোটিনের আণবিক ভর 162 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_{10}H_{14}N_2$]

১৭। অক্সিজেনের সাথে সাইক্লোপ্রোপেন নামক হাইড্রোকার্বন যৌগ মিশিয়ে বেদনানাশকরূপে অস্ত্রোপচারে বা শল্য চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়। এ যৌগের 1.0 g পূর্ণ দহনের ফলে 3.14 g $CO_2$ এবং 1.29 g $H_2O$ তৈরি হয়। এ যৌগের আণবিক ভর 42 হলে এর আণবিক সংকেত বের কর। [উঃ $C_3H_6$]

**(৩) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলার আয়তন বিষয়ক ঃ** (i) $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ (ii) STP; $V_m = 22.414$ L

১৮। (ক) 90 g পানিতে কত মোল পানি ও কয়টি পানি অণু আছে? [উঃ 5 mol, $3.011 \times 10^{24}$ টি অণু]
[কু. বো. ২০০৫; অনুরূপ, চ. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; সি. বো. ২০০৮]

(খ) 5 g পানিতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা হিসাব করে বের কর। [H = 1.008]
[উঃ H = $3.342584368 \times 10^{23}$ টি, O = $1.671292184 \times 10^{23}$ টি] [চ. বো. ২০০৩; সি. বো. ২০০৫]

http://pdfcorner.com

(গ) 1 g অক্সিজেনে কয়টি পরমাণু থাকে হিসাব কর। [উঃ $3.76375 \times 10^{22}$] [রা. বো. ২০০২]

(ঘ) 16 g পরিমাণ $O_2$ গ্যাসে কয়টি অণু থাকে হিসাব কর। [উঃ $3.011 \times 10^{23}$ টি অণু] [ঢা. বো. ২০০৩; রা. বো. ২০০৩]

(ঙ) 5 g $CO_2$ গ্যাসে এর কয়টি অণু আছে? [উঃ $6.8431 \times 10^{22}$ টি] [ঢা. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১১]

(চ) প্রমাণ অবস্থায় 2.2 g $CO_2$ গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উঃ 1.12 L]

(ছ) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 2 g মিথেন গ্যাসে এর কয়টি অণু থাকে? [উঃ $7.5275 \times 10^{22}$ টি] [ব. বো. ২০০২]

১৯। (ক) প্রমাণ অবস্থায় 10 mL অ্যামোনিয়া গ্যাসের ভর কত? [উঃ $7.589 \times 10^{-3}$ g] [ঢা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১]

(খ) প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে 1 mL নাইট্রোজেনে কয়টি অণু থাকে? [উঃ $2.6883928 \times 10^{19}$ টি] [সি. বো. ২০০২; ঢা. বো. ২০০৭]

(গ) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2 L মিথেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা হিসাব কর। [উঃ $5.37678 \times 10^{22}$ টি] [কু. বো. ২০০৯, ২০১০; সি. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৪]

(ঘ) S.T.P-তে 200 mL $CO_2$ গ্যাসে কতটি অণু থাকে? [উঃ $5.377678 \times 10^{21}$ টি] [ঢা. বো. ২০০৪]

(ঙ) 27° C তাপমাত্রায় ও 750 mm(Hg) চাপে 10 mL আয়তনের $CO_2$ গ্যাসে কয়টি অণু থাকে? [উঃ $2.41575 \times 10^{20}$ টি]

(চ) 27°C তাপমাত্রায় ও 740 mm (Hg) চাপে 1 L $SO_2$ গ্যাসে কয়টি অণু থাকে? [উঃ $2.3820574 \times 10^{22}$ টি অণু] [ঢা. বো. ২০০২]

(ছ) 27°C তাপমাত্রায় ও $98.66 \times 10^3$ $Nm^{-2}$ চাপে 0.0011 $m^3$ হাইড্রোজেন গ্যাসে কতটি অণু আছে? [উঃ $2.620301761 \times 10^{22}$ টি অণু] [য. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৮]

(জ) 27°C তাপমাত্রায় ও 0.987 atm চাপে 1 mL হাইড্রোজেন গ্যাসে কয়টি অণু আছে? [উঃ $2.416144 \times 10^{19}$ টি (প্রায়)] [ঢা. বো. ২০০৩; রা. বো. ২০০৬]

(ঝ) 30°C তাপমাত্রায় 740 mm (Hg) চাপে 25 mL কোন গ্যাসে কতটি অণু আছে? [উঃ $5.899867 \times 10^{20}$টি অণু] [ঢা. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৬]

২০। (ক) 300টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 30 mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয় তা নির্ণয় কর। [উঃ $5.0183 \times 10^{18}$ টি] [ঢা. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

(খ) 500 টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 55.6 mg ক্ষয় হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয়? [উঃ $5.580386 \times 10^{18}$ টি] [কু. বো. ২০০৪]

(গ) এক গ্রাম কার্বনে কয়টি পরমাণু আছে? [উঃ $5.01833 \times 10^{22}$ টি] [ঢা. বো. ২০০২; রা. বো. ২০০৮]

২১। (ক) এক বিকার পানি থেকে সাধারণ তাপমাত্রায় ও চাপে যদি প্রতি ঘণ্টায় 1 mg পানি বাষ্পীভূত হয়। তবে ঐ প্রক্রিয়ায় প্রতি ঘণ্টায় কতটি জলীয় বাষ্পের অণু উৎপন্ন হবে? [উঃ $3.3455555 \times 10^{19}$ টি অণু]

(খ) বাষ্পীভবনের কারণে একটি পাত্রের পানি যদি প্রতি ঘণ্টায় 10 mg ওজন হারায়; তবে প্রতি সেকেন্ডে ঐ প্রক্রিয়ায় জলীয় বাষ্পের কতটি অণু উৎপন্ন হবে? [উঃ $9.29321 \times 10^{16}$ টি]

## (৪) সমীকরণভিত্তিক মোল ও মোলার আয়তন বিষয়ক ঃ

২২। এক কিলোগ্রাম বিশুদ্ধ চুনাপাথর ($CaCO_3$) হাইড্রোক্লোরিক এসিডে দ্রবীভূত করলে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন $CO_2$ গ্যাস পাওয়া যাবে? [উঃ 224 L]

২৩। 1.5 g কার্বনকে বাতাসে দহন করার ফলে যে $CO_2$ উৎপন্ন হয় তার আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে কত লিটার হবে? [উঃ 2.8 L]



http://pdfcorner.com

২৪। (ক) চুনাপাথরের নমুনায় 95% ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে। লঘু HCl এসিডে 160 g চুনাপাথর দ্রবীভূত করে আদর্শ উষ্ণতায় ও চাপে কত mL কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস পাওয়া যাবে? [উঃ 34048 mL]
[ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮]

(খ) 95% $CaCO_3$ বিশিষ্ট একটি চুনাপাথরের নমুনার 200 g কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত করলে প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন $CO_2$ এর আয়তন কত হবে? [উঃ 42.56 L] [কু. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৬, ২০১১]

(গ) 98% $CaCO_3$ বিশিষ্ট একটি চুনাপাথরের নমুনা থেকে 30°C উষ্ণতায় ও 780 mm (Hg) চাপে 40 L $CO_2$ গ্যাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম ঐ চুনাপাথর প্রয়োজন হবে? [উঃ 168.495 g] [য. বো. ২০০৬]

(ঘ) 95% বিশুদ্ধ একটি চুনাপাথরের নমুনার 150 g কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে কী পরিমাণ চুন পাওয়া যাবে? [উঃ 79.8 g] [চ. বো. ২০০৮]

২৫। প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে পরিমিত 200 mL আয়তনের অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুত করতে $MnO_2$ এর উপস্থিতিতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) কে উত্তপ্ত করতে হবে? *[উঃ 0.729 g]

২৬। 10 g পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) হতে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায়, ঐ পরিমাণ অক্সিজেন প্রস্তুতিতে কত গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) দরকার? [উঃ 52.86 g] [য. বো. ২০০২]

২৭। 8.15 g বিশুদ্ধ জিংক অক্সাইড হতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির মাধ্যমে কত গ্রাম বিশুদ্ধ জিংক পাওয়া যাবে? [Zn = 65.38] [উঃ 6.5476 g] [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৩]

২৮। 2.02 g ক্যালসিয়াম ও 2.02 g হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে কত গ্রাম ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড ($CaH_2$) উৎপন্ন হবে? [Ca = 40.08; H = 1.01] [উঃ 2.1218 g]

২৯। স্টিম থেকে 20 g হাইড্রোজেন প্রস্তুত করতে ন্যূনতম কী পরিমাণ আয়রন প্রয়োজন হবে? [ Fe = 56 ] [উঃ 416.67 g]

৩০। আয়রনের একটি আকরিকের মধ্যে 30% $Fe_2O_3$ আছে। 500 kg ঐ আকরিক থেকে কত আয়রন উৎপাদন করা যাবে? [ Fe = 55.85 ] [উঃ 104.9155 kg] [সি. বো. ২০০৩]

৩১। লৌহ ও লঘু $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ায় 29°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 200 L $H_2$ গ্যাস প্রস্তুত করতে কী পরিমাণ লৌহের প্রয়োজন হবে? [Fe = 56] [উঃ 451.975 g] [চ. বো. ২০০৬]

৩২। 12.5 g চুনাপাথর ও হাইড্রোক্লোরিক এসিডের বিক্রিয়ার ফলে 37°C তাপমাত্রায় ও 750 m.m(Hg) চাপে 2.53 L কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) পাওয়া গেল। চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) পরিমাণ কত? [উঃ 9.82 g]

৩৩। (ক) চুনাপাথরের একটি নমুনায় 60% $CaCO_3$ আছে। এক লিটার মোলার কস্টিক সোডা দ্রবণের NaOH কে সম্পূর্ণরূপে $Na_2CO_3$ এ পরিণত করতে যে পরিমাণ $CO_2$ প্রয়োজন তা উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ ঐ চুনাপাথর প্রয়োজন হবে? [উঃ 83.33 g চুনাপাথর]

(খ) 20 g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন সমস্ত $CO_2$ গ্যাসকে $Na_2CO_3$ এ পরিণত করতে কী পরিমাণ কস্টিক সোডা প্রয়োজন হবে? [উঃ 16 g] [চ. বো. ২০১০]

**(৫) মোল ও মোলার ঘনমাত্রা বিষয়ক ঃ** মোলার ঘনমাত্রা, $M = \frac{\text{মোল এককে দ্রবের ভর}}{\text{লিটার এককে দ্রবণের আয়তন}}$

৩৪। (ক) একজন রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ 8 mili mol $L^{-1}$। ঐ রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ mili gram $dL^{-1}$ এককে কত হবে? [উঃ 144 mg / dL]

(খ) একজন রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ 162 মিলিগ্রাম / ডেসি. লিটার হলে মিলিমোল / লিটার এককে এর মান কত? [উঃ 9 m. mol / L]

http://pdfcorner.com

৩৫। 500 mL ডেসিমোলার দ্রবণে কত গ্রাম $H_2SO_4$ দ্রবীভূত থাকবে? [উঃ 4.9 g] [কু. বো. ২০০৩; সি. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

৩৬। (ক) 10% $H_2SO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উঃ 1.02 M] [কু. বো. ২০০৬, ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

(খ) 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে নির্ণয় কর। [উঃ 0.9434 M] [ঢা. বো. ২০০৬, ২০১০; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০১০; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৮]

৩৭। $H_2SO_4$ দ্রবণের 2 লিটারে 28 g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উঃ 0.143 M]

৩৮। (ক) 250 mL দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকলে তা $Na_2CO_3$ এর মোলার দ্রবণ হবে? [উঃ 26.5 g]

(খ) 250 mL কোন $Na_2CO_3$ এর দ্রবণে 10.6 g বিশুদ্ধ $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উঃ 0.4 M] [ঢা. বো. ২০০৩]

৩৯। (ক) 500 mL 1.25 M/20 $Na_2CO_3$ এর দ্রবণের সাথে কতটুকু পানি মিশালে তা M/20 দ্রবণে পরিণত হবে? [উঃ 125 mL]

(খ) 100 mL 0.5 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ থেকে কত mL আয়তনের ডেসিমোলার দ্রবণ তৈরি করা সম্ভব হবে? [উঃ 500 mL] [ঢা. বো. ২০০২; চ. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

(গ) 250 $cm^3$ 0.5 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ থেকে কত আয়তনের ডেসিমোলার $Na_2CO_3$ দ্রবণ তৈরি করা যাবে? [উঃ 1250 mL] [ঢা. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৬]

(ঘ) 100 mL 0.5 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ তোমাকে দেয়া হল। তুমি ঐ দ্রবণ দিয়ে মোট কত mL ডেসিমোলার দ্রবণ তৈরি করতে পারবে? [উঃ 500 mL]

৪০। 3.8 g NaOH পিলেটকে পানিতে দ্রবীভূত করে 500 mL দ্রবণ তৈরি করা হল। প্রস্তুত NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.19 M]

৪১। তোমার 300 mL আয়তনের 1 M HCl প্রয়োজন। কিন্তু বোতলে আছে 6 M HCl দ্রবণ। কী পরিমাণ ঐ বোতলের এসিডের সাথে কী পরিমাণ পানি মিশালে তোমার কাজ চলতে পারে? [উঃ বোতলের 50 mL এসিডের সাথে 250 mL পানি মিশাতে হবে।]

৪২। একটি এসিডের আণবিক ভর 63। ঐ এসিডের 1.89 g পরিমাণকে 200 mL পানিতে দ্রবীভূত করা হল। ঐ দ্রবণে কী পরিমাণ পানি মিশ্রিত করলে তা 0.1 M দ্রবণে পরিণত হবে? [উঃ 100 mL] [রা. বো. ২০০০]

৪৩। 40 mL 0.5 M $H_2SO_4$ দ্রবণ, 35 mL 2M $H_2SO_4$ দ্রবণ এবং 10 mL 1M $H_2SO_4$ দ্রবণকে একত্রে মিশ্রিত করে একটি পরিমাপক ফ্লাস্কে পানি যোগ করে 250 mL করা হল। মিশ্র এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? এ দ্রবণে কত গ্রাম $H_2SO_4$ আছে? [উঃ 0.4 M; 9.8 g $H_2SO_4$]

৪৪। 0.25 M HCl দ্রবণ এবং 0.4 M $HNO_3$ দ্রবণ কী অনুপাতে মিশ্রিত করলে ঐ এসিড মিশ্রণের ঘনমাত্রা 0.32 M হবে? [উঃ 8 : 7]

**(৬) অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি বিষয়ক ঃ** সমীকরণ মতে, $\frac{V_1 \times M_1 \text{ (এসিড)}}{V_2 \times M_2 \text{ (ক্ষার)}} = \frac{\text{এসিডের মোল সংখ্যা}}{\text{ক্ষারের মোল সংখ্যা}}$

৪৫। (ক) 750 mL M/4 সালফিউরিক এসিডকে প্রশমিত করতে কত লিটার ডেসিমোলার কস্টিক সোডা দ্রবণ লাগবে? [উঃ 3·75 L]

(খ) কোন নির্দিষ্ট আয়তনের $\frac{M}{20}$ $H_2SO_4$ এসিড দ্বারা সমআয়তনের কত মোলার NaOH দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করা যাবে? [উঃ 0.1 M] [ঢা. বো. ২০০২]

৪৬। 1 L M/20 $H_2SO_4$ দ্রবণকে প্রশমিত করতে 5% অনার্দ্র $Na_2CO_3$ দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হবে? [উঃ 0.106 L]

http://pdfcorner.com

৪৭। (ক) 25 mL M $Na_2CO_3$ দ্রবণকে প্রশমিত করতে 20 mL $H_2SO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। এসিডের ঘনমাত্রা কত? [উঃ 1.25 M]

(খ) 25 mL $Na_2CO_3$ দ্রবণকে প্রশমিত করতে 10.2 mL 0.5M $H_2SO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.204 M] [কু. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৪; সি. বো. ২০০৭]

৪৮। 1 L সালফিউরিক এসিডের দ্রবণে 4.9 g $H_2SO_4$ আছে। এ দ্রবণকে প্রশমিত করতে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 1 M ঘনমাত্রার কত আয়তন প্রয়োজন হবে? [উঃ 50 mL]

৪৯। 1 L আয়তনের $H_2SO_4$ দ্রবণে 98 g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত আছে। 50 mL ঐ দ্রবণকে 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কী পরিমাণ $Na_2CO_3$ দ্রবণ প্রয়োজন হবে? [উঃ 53 mL] [ব. বো. ২০০৪]

৫০। 50 mL সেমিমোলার $H_2SO_4$ এবং 100 mL ডেসিমোলার NaOH দ্রবণ মিশ্রিত করলে মিশ্রণটি অম্লীয় হবে না ক্ষারীয় হবে? মিশ্রণটির ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ অম্লীয়; ঘনমাত্রা = 0.133 M] [রা. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮]

৫১। (ক) 3.375 g ভরের কোন এক-অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হল। ঐ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 67.5 mL 1 M HCl দ্রবণ প্রয়োজন হল। ক্ষারটির আণবিক ভর বের কর। [উঃ 50]

(খ) 2.3 g ভরের কোন এক–অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হল। এ দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 0.575 L 0.1 M HCl প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষারটির 1.0 মোলের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 40 g]

৫২। (ক) 30 mL HCl দ্রবণে 20 mL 0.5 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ যোগ করা হল। এসিড দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে আরো 20 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.73 M] [ঢা. বো. ২০০০; কু. বো. ২০০৫; চ. বো. ২০০৭]

(খ) 40 mL HCl দ্রবণে 30 mL 0.5 M $Na_2CO_3$ দ্রবণ যোগ করা হল। এ এসিড দ্রবণটিকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 25 mL 0.1M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.8125 M] [রা. বো. ২০০৩]

৫৩। (ক) 25 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1 M HCl দ্বারা আংশিক প্রশমিত করা হল। কিন্তু প্রশমন সম্পূর্ণ করতে 0.15 M HCl এর আরও 8 mL প্রয়োজন হল। NaOH দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.088 M] [ঢা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১]

(খ) 10 $cm^3$ $Na_2CO_3$ দ্রবণকে প্রথমে 20 $cm^3$ 0.1 M HCl দ্রবণ দ্বারা আংশিক প্রশমিত করা হল। দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে আরও 16 $cm^3$ 0.15 M HCl দ্রবণ প্রয়োজন হয়। $Na_2CO_3$ দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.22 M] [সি. বো. ২০০৫]

৫৪। 1 g বিশুদ্ধ $CaCO_3$ কে 40 mL HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হল। প্রাপ্ত দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে আরো 40 mL 0.5 M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। প্রদত্ত HCl দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উঃ 1.0 M]

৫৫। (ক) ভেজাল মিশ্রিত 3.762 g $Na_2CO_3$ কে পানিতে মিশ্রিত করে দ্রবণের আয়তন 500 mL করা হল। এ দ্রবণের 20 mL পরিমাণকে 0.1 M HCl দ্বারা পূর্ণ প্রশমিত করতে 19.24 mL HCl প্রয়োজন হয়। $Na_2CO_3$ এর মধ্যে ভেজালের শতকরা পরিমাণ বের কর। [উঃ 32·23%]

(খ) 1.0 g $Na_2CO_3$ কে পানিতে দ্রবীভূত করে 500 mL করা হল। এ দ্রবণ থেকে 50 mL নিয়ে টাইট্রেশন করে প্রশমনের শেষ বিন্দুতে পৌঁছাতে 0.1 M HCl দ্রবণের 10 mL প্রয়োজন হলে ঐ $Na_2CO_3$ এ ভেজালের শতকরা পরিমাণ বের কর। [উঃ 47%] [সি. বো. ২০০৫; কু. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

# সৃজনশীল প্রশ্ন

## ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। পাকস্থলীর গ্যাস্ট্রিক জুইসে 0.1M HCl এসিড মিশ্রিত থাকে। গ্যাস্ট্রিক জুইস বিশ্লেষণ করতে প্রমাণ ডেসিমোলার ক্ষার দ্রবণ দরকার হয়। উভয়ের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় গ্যাস্ট্রিক জুইসে HCl এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন জেনে এন্টাসিড সঠিক মাত্রায় ব্যবহারের জন্য চিকিৎসক ব্যবস্থাপত্র দেন।

(ক) ডেসিমোলার দ্রবণ কী? উদাহরণ দাও। ১

(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? এ শ্রেণীর পদার্থ কী কাজে ব্যবহৃত হয়? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রমাণ ডেসিমোলার ক্ষার দ্রবণটি কী হবে? এটির 1L আয়তনের 0.1M দ্রবণ তৈরিতে এটির কত গ্রাম প্রয়োজন হবে এবং দ্রবণটির প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, প্রশমন বিক্রিয়া কী? উদ্দীপকের প্রশমন বিক্রিয়াটি লেখ এবং টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক এর বর্ণ পরিবর্তন উল্লেখসহ HCl এসিডের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের সমীকরণটি ব্যবহার কর। ৪

২। তোমাকে অজানা ঘনমাত্রার 30 mL HCl দ্রবণ দেয়া হল। তুমি প্রথমে 20 mL 0.5M $Na_2CO_3$ এবং শেষে 20 mL 0.1M NaOH দ্রবণ ব্যবহার করে টাইট্রেশন প্রক্রিয়া শেষ করেছ। এখন তোমার ঐ HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা গণনা করতে হবে। অম্ল ও ক্ষার দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়াই হল অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের মূলভিত্তি।

(ক) টাইট্রেশন বলতে কী বুঝ? ১

(খ) টাইট্রেশনে ব্যবহৃত কাচের যন্ত্রপাতি ও রাসায়নিক পদার্থের পরিচয় দাও। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, HCl দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে দুটি ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করেছে। উভয় ক্ষার দ্রবণের কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ও কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। এক্ষেত্রে কোন নির্দেশক ব্যবহৃত হয়েছে? ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, প্রশমন বিক্রিয়ার আয়নিক সংজ্ঞা ও সমীকরণ লেখ। উদ্দীপকের টাইট্রেশনে দুটি প্রশমন বিক্রিয়া ঘটেছে। ঐ দুটি বিক্রিয়ার সাহায্যে HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে প্রতিটি ক্ষার দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত HCl দ্রবণের মোল সংখ্যা গণনা কর এবং HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা কত বের কর। ৪

৩। লবণাক্ত কৃষি জমির NaCl এর পরিমাণ নির্ধারণের জন্য $AgNO_3$ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। সাদা বর্ণের অধঃক্ষিপ্ত AgCl এর পরিমাণ থেকে NaCl এর শতকরা পরিমাণ গণনা করা যায়। অধিক NaCl যুক্ত কৃষি জমি চাষের অযোগ্য হয়।

(ক) উদ্দীপকের বেলায় সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি এবং প্রাপ্ত সাদা অধঃক্ষেপ $NH_4OH$ দ্রবণে দ্রবণীয় যৌগ তৈরি করে তা সমীকরণসহ লেখ। ১

(খ) 104.6 g লবণাক্ত পানিকে বাষ্পীভূত করে 14.6 g NaCl পাওয়া গেল। উক্ত নমুনায় উপস্থিত পানির মোল সংখ্যা ও NaCl এর মোল সংখ্যা এবং দ্রবণে উভয় উপাদানের মৌল ভগ্নাংশ বের কর। ২

(গ) উদ্দীপকের মর্ম মতে, তুমি 0.15 g ভরের একটি লবণ-এর দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করায় 0.1435 g সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। লবণটিতে ক্লোরাইড আয়নের শতকরা পরিমাণ গণনা কর। [Ag = 108] [**উঃ** 23.67%] ৩

(ঘ) উদ্দীপকের NaCl একটি আয়নিক যৌগ; ব্যাখ্যা কর। এর কেলাস গঠন সংক্ষেপে চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৪

http://pdfcorner.com

৪। আয়নিক যৌগসমূহ কঠিন হয়। সমযোজী যৌগ কঠিন, তরল ও গ্যাস হতে পারে। আয়নিক যৌগ $CaCO_3$ তাপবিযোজনে ও এসিডের সাথে বিক্রিয়ায় $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। গ্রুপ-IVA এর অধাতব মৌল C ও Si সদৃশ অম্লধর্মী ডাইঅক্সাইড গঠন করে। সিলেট অঞ্চলের খনি থেকে উত্তোলিত কোন চুনাপাথরের নমুনাতে 95% $CaCO_3$ আছে। চুনাপাথরের তাপবিযোজনে CaO ও $CO_2$ উৎপন্ন করা যায়।

(ক) চুনাপাথরের তাপ–বিযোজন বিক্রিয়াটি লেখ। ১

(খ) চুনাপাথর ও লঘু HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসকে কস্টিক সোডা দ্রবণে চালনা করলে কী ঘটে, তা সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, 160 g ঐ চুনাপাথরকে লঘু HCl এসিডে দ্রবীভূত করে আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে কত mL কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যাবে? [উঃ 34048 mL] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, C ও Si একই গ্রুপ-IVA এর মৌল হওয়া সত্ত্বেও, সাধারণ তাপমাত্রায় $CO_2$ হল গ্যাস; কিন্তু $SiO_2$ হল কঠিন পদার্থ;—রাসায়নিক বন্ধন মতে এর ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫। পাকস্থলীতে ভেগাস নার্ভ–এর প্রভাবে গ্যাস্ট্রিক প্যারাইটাল কোষ থেকে 0.1 M HCl এসিড অতিরিক্ত নিঃসৃত হলে পাকস্থলীতে ক্ষত বা gastric ulcer সৃষ্টি হয়। তখন চিকিৎসকেরা এন্টাসিড খেতে দেন। বিভিন্ন ওষুধ কোম্পানির এন্টাসিড ট্যাবলেটে $Mg(OH)_2$ বা $Al(OH)_3$ থাকে। এন্টাসিডের অম্লত্বের মাত্রা ও প্রাণিকোষের উপর ক্ষতিকর প্রভাব আছে কীনা এ দুটি শর্তের উপর গ্যাস্ট্রিক HCl এসিডের প্রশমন কার্যকারিতা নির্ভর করে। ফলের রসের দুর্বল কার্বক্সিলিক এসিড প্রাণিকোষের ক্ষতি করে না।

(ক) মোলাল দ্রবণ কী? ১

(খ) ক্ষারকের অম্লত্ব বলতে কী বুঝ? $Al(OH)_3$ ও $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব কত তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রশমন বিক্রিয়া কী? পাকস্থলীতে নিঃসৃত অতিরিক্ত HCl এসিডের প্রশমনে এন্টাসিডের পরিবর্তে NaOH ক্ষার ব্যবহার করা যায় কীনা; ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, আঙ্গুরে টারটারিক এসিড [$HOOC(CHOH)_2COOH$] ও লেবুর রসে সাইট্রিক এসিড [$HOOC\text{-}CH_2\text{-}C(OH)(COOH)\text{-}CH_2COOH$] আছে; অধিক আঙ্গুর বা লেবুর রস খেলে পাকস্থলীর অধিক HCl এসিডের মত ক্ষত হবে কীনা ব্যাখ্যা কর। 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। ৪

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

**খ–১ MCQ: সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞানস্তর ও অনুধাবন স্তরের ঃ**

১। এক মোল $Na_2CO_3$ হল—

(ক) 98 g (খ) 106 g (গ) 100 g (ঘ) 40 g

২। এক মোল $Na_2CO_3$ এ অণুর সংখ্যা হল—

(ক) $6.022 \times 10^{23}$ (খ) 22.40 (গ) $106 \times 10^{23}$ (ঘ) $6.011 \times 10^{23}$

৩। $Na_2CO_3$ দ্রবণ ও HCl দ্রবণের টাইট্রেশনের বেলায় উপযুক্ত নির্দেশক হল—

(ক) মিথাইল অরেঞ্জ (খ) ফেনলফথ্যালিন (গ) লিটমাস (ঘ) মিথাইল রেড

৪। $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব কত?

(ক) 3 (খ) 2 (গ) 6 (ঘ) 1

৫। 10 mL 0.1 M HCl দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমনের জন্য ডেসিমোলার NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হবে—

(ক) 20 mL (খ) 10 mL (গ) 30 mL (ঘ) 25 mL

৬। STP তে $6.022 \times 10^{23}$ টি $CO_2$ গ্যাসের অণুর আয়তন হবে—

(ক) 2.24 L (খ) 0.224 L (গ) 22.4 L (ঘ) 22.414 L

http://pdfcorner.com

৭। 500 mL NaOH দ্রবণে 40 g NaOH দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণের ঘনমাত্রা হবে—
(ক) 1.0 M (খ) 2.0 M (গ) 0.2 M (ঘ) 1.2 M

৮। 2.0 L দ্রবণে 212 g $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণের ঘনমাত্রা হবে—
(ক) 1.0 M (খ) 2.0 M (গ) 0.5 M (ঘ) 1.5 M

৯। কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। তখন 2 মোল কার্বন বলতে বোঝায়—
(ক) 2g কার্বন (খ) 12g কার্বন (গ) 24g কার্বন (ঘ) 6g কার্বন

১০। 32g অক্সিজেন বলতে বোঝায়—
(ক) 1 mol অক্সিজেন অণু (খ) 1 mol অক্সিজেন পরমাণু
(গ) 2 mol অক্সিজেন অণু (ঘ) 32 mol অক্সিজেন

১১। 1 mol ইলেকট্রন বলতে বোঝায়—
(ক) 1 mol বিদ্যুৎ (খ) 1 ফ্যারাডে বিদ্যুৎ (গ) 1 mol চার্জ (ঘ) 1 অ্যাম্পিয়ার চার্জ

১২। 1 mol বন্ধন বলতে বোঝায়—
(ক) $6.022 \times 10^{23}$ টি বন্ধন (খ) $6.024 \times 10^{22}$ টি বন্ধন
(গ) $1.66 \times 10^{19}$ টি বন্ধন (ঘ) $6.022 \times 10^{26}$ টি বন্ধন

১৩। 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা হবে—
(ক) 0.9434 mol $kg^{-1}$ (খ) 0.9434 M (গ) 0.9434 mol $L^{-2}$ (ঘ) 9.4340 mol $L^{-1}$

১৪। একটি রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ 10 মিলিমোল/লিটার হলে এটি mg $dL^{-1}$ এককে কত—
(ক) 18 mg $dL^{-1}$ (খ) 1.8 mg $dL^{-1}$ (গ) 180 mg $dL^{-1}$ (ঘ) 280 mg $dL^{-1}$

১৫। সামুদ্রিক পানির আপেক্ষিক শুরুর 1.03। এটির 1L পানিকে বাষ্পীভূত করে 36.4 g শুষ্ক লবণ পাওয়া গেল। ঐ পানিতে লবণের শতকরা পরিমাণ কত?
(ক) 3.53 (খ) 35.34 (গ) 0.353 (ঘ) 3.05

১৬। 180 g গ্লুকোজকে 540 g পানিতে দ্রবীভূত করা হল। এ দ্রবণে গ্লুকোজের মোল ভগ্নাংশ কত?
(ক) 1/30 (খ) 1/31 (গ) 30/31 (ঘ) 1

১৭। 882 g পানিতে 180 g চিনি দ্রবীভূত করা হল। ঐ দ্রবণে চিনি ও পানির মোল ভগ্নাংশ কত?
(ক) 0.02, 0.98 (খ) 0.01, 0.99 (গ) 0.2, 0.8 (ঘ) 0.1, 0.9

১৮। 500 mL 0.5 M কস্টিক সোডা দ্রবণ থেকে কত mL ডেসি মোলার দ্রবণ তৈরি করা যাবে?
(ক) 2,500 mL (খ) 2000 mL (গ) 5000 mL (ঘ) 1350

১৯। সবল এসিড ও সবল ক্ষার দ্রবণের টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক হল—
(ক) লিটমাস (খ) মিথাইল অরেঞ্জ (গ) ফেনলফথ্যালিন (ঘ) স্টার্চ

২০। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কোন্‌গুলো?
(ক) $Na_2CO_3$, অক্সালিক এসিড (খ) $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$
(গ) $Na_2S_2O_3$, NaOH (ঘ) HCl, $K_2CO_3$

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (ক) ৩। (ক) ৪। (গ) ৫। (খ) ৬। (ঘ) ৭। (খ) ৮। (ক) ৯। (গ) ১০। (ক) ১১। (খ) ১২। (ক) ১৩। (খ) ১৪। (গ) ১৫। (ক) ১৬। (খ) ১৭। (ক) ১৮। (ক) ১৯। (খ) ২০। (ক)

http://pdfcorner.com

**খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion–MCQ) ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ স্তরভিত্তিক ঃ**

১। বিভিন্ন প্রকার দ্রবণ তৈরিতে মোল পরিমাণে দ্রব ব্যবহার করে নিম্নোক্ত দ্রবণ তৈরি করা হয়—

(i) মোলার দ্রবণ, (ii) মোলাল দ্রবণ, (iii) মোলভগ্নাংশ ঘনমাত্রা।

কোন্ ঘনমাত্রার দ্রবণ তাপমাত্রা নির্ভরশীল নয়?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

২। STP তে $CO_2$ ও $H_2$ গ্যাসের মোলার আয়তন 22.414 L হলেও বায়ু থেকে হাল্কা $H_2$ গ্যাসের অণু সংখ্যা হবে—

(i) $6.022 \times 10^{23}$, (ii) $6.022 \times 10^{23}$ থেকে কম, (iii) $6.022 \times 10^{23}$ থেকে বেশি।

কোন্‌টি সঠিক?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) কোনটিই নয়

৩। $KMnO_4$ হল একটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ; কারণ এটি—

(i) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, (ii) এটি রাসায়নিক নিক্তির ক্ষতি করে,

(iii) এটির দ্রবণের ঘনমাত্রা ব্যাকটেরিয়া ও সূর্যালোক দ্বারা পরিবর্তিত হয়।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। $K_2Cr_2O_7$ হল একটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ; কারণ এটি—

(i) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, (ii) বায়ুর উপাদান দ্বারা আক্রান্ত হয় না,

(iii) রাসায়নিক নিক্তির ক্ষতি করে না।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৫। 882g পানিতে 1 mol $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত করলে $Na_2CO_3$ এর মোলালিটি হয় 1.134 (প্রায়)। এ দ্রবণটির—

(i) মোলালিটি তাপমাত্রা নির্ভর নয়, (ii) তাপমাত্রার পরিবর্তনে দ্রব ও দ্রাবকের ভরের পরিবর্তন হয় না,

(iii) মোলারিটির চেয়ে মোলালিটির সুবিধা বেশি।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৬। 1 mole $Na_2CO_3$ কে 1 L ফ্লাস্কে নিয়ে পানি যোগ করে 1 L দ্রবণ তৈরি করা হল। দ্রবণটির বেলায় প্রযোজ্য হল—

(i) এটি 1M দ্রবণ, (ii) ঘনমাত্রা তাপমাত্রা নির্ভর, (iii) মোলালিটির চেয়ে এটির সুবিধা বেশি।

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৭। অম্ল–ক্ষার টাইট্রেশনে প্রয়োজনীয় কাচের যন্ত্রপাতি হল—

(i) কনিকেল ফ্লাস্ক, (ii) ব্যুরেট, (iii) পিপেট

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৮। অম্লক্ষার টাইট্রেশনে ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থের মধ্যে পাই—

(i) পরীক্ষাধীন অম্লের দ্রবণ, (ii) প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ, (iii) স্বনির্দেশক $KMnO_4$

কোন্‌টি সঠিক হবে—

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ঘ) ২। (ক) ৩। (খ) ৪। (খ) ৫। (গ) ৬। (ক) ৭। (গ) ৮। (ক)

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ**

১। 'A' নাম যৌগের আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$। 'A' এর 2 মোল 48 মোল পানিতে দ্রবীভূত করা হল। এ তথ্যের ভিত্তিতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) দ্রবের মোলভগ্নাংশ হল—

(ক) 0.4 (খ) 0.04 (গ) 0.94 (ঘ) 0.96

(২) যৌগটির স্থূল সংকেত হল—

(ক) CHO (খ) $CH_2O$ (গ) $C_2H_4O_2$ (ঘ) $C_1H_1O_1$

২। কোন জৈব যৌগের স্থূলসংকেত হল $CH_2O_1$ যৌগটির 2 মোল 2500g পানিতে দ্রবীভূত করা হল। এ তথ্যের ভিত্তিতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) দ্রবণটির মোলাল ঘনমাত্রা কত হবে—

(ক) 1.8 (খ) 1.4 (গ) 1.0 (ঘ) 0.8

(২) যৌগটির আণবিক ভর 180 হলে যৌগটির আণবিক সংকেত কী হবে—

(ক) $C_2H_4O_2$ (খ) $C_2H_6O_2$ (গ) $C_6H_{12}O_6$ (ঘ) $C_{12}H_{22}O_{11}$

৩। নিচের সারণিতে দু'সেট তথ্য দেয়া হল। সেট-1 ও সেট-2 অনুধারণ করে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

| তথ্য সেট | গ্রাফাইট পেনসিল ক্ষয় | ক্ষয়ের কারণ |
|---|---|---|
| সেট-1 | 30 mg | 300টি স্বাক্ষর |
| সেট-2 | 36 g | 100টি বৃষ্টির ফোঁটা |

(১) সেট-1, প্রতিটি স্বাক্ষরে প্রয়োজনীয় C-পরমাণুর সংখ্যা—

(ক) $50.183 \times 10^{18}$ টি; (খ) $5.0183 \times 10^{18}$ টি; (গ) $5.08 \times 10^{18}$ টি; (ঘ) $5.2 \times 10^{18}$ টি।

(২) সেট-2, নিচের কোনটি সঠিক হবে; প্রতি ফোঁটায় পানি অণুর সংখ্যা—

(ক) $1.2 \times 10^{21}$ টি; (খ) $1.2044 \times 10^{22}$ টি; (গ) $1.2044 \times 10^{20}$ টি; (ঘ) $1.20 \times 10^{21}$ টি।

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) খ, (২) খ; ২। (১) ঘ, (২) গ; ৩। (১) খ, (২) খ



http://pdfcorner.com

# ৫ জারণ-বিজারণ
## OXIDATION-REDUCTIOIN

**বিষয়বস্তু ঃ**

- জারণ–বিজারণ, জারক ও বিজারক ঃ বিভিন্ন ধরনের সংজ্ঞা;
- জারণ–বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ;
- জারণ সংখ্যা, বিভিন্ন জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া;
- জারণ সংখ্যা পরিবর্তনের সাথে বিক্রিয়কের মোলের অনুপাতের সম্পর্ক;
- $KMnO_4$ এর সাহায্যে জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন;
- $K_2Cr_2O_7$ এর সাহায্যে জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন;
- আয়োডিনযুক্ত জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন;
- জারণ–বিজারণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা।

## ৫.১। ভূমিকা
### Introduction

রসায়নবিদ্যায় আমরা জানি, বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াসমূহকে কতগুলো শ্রেণীতে বিভক্ত করে আলোচনা করা হয়েছে। এ সব বিক্রিয়া নবম ও দশম শ্রেণীর পাঠ্যসূচিতে অন্তর্ভুক্ত রয়েছে। উল্লেখ্য এ সব বিক্রিয়ার মধ্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Oxidation-Reduction or REDOX Reaction) একটি বিশেষ স্থান অধিকার করে আছে। তাই এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটিকে উচ্চ মাধ্যমিক পাঠ্যসূচির অন্তর্ভুক্ত করে তার ব্যাপ্তি ও প্রয়োগক্ষেত্র আলোচনা করা হচ্ছে। **জারণ-বিজারণ হল একই বিক্রিয়ার দুটি অংশ; ফলে জারণ ছাড়া বিজারণ ঘটে না বা বিজারণ ছাড়া জারণ ঘটতে পারে না। তাই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াকে রিডক্স (REDOX) বিক্রিয়াও বলে। এ REDOX শব্দটির প্রথম অংশ অর্থাৎ RED নেয়া হয়েছে Reduction শব্দ থেকে, যার অর্থ 'বিজারণ' এবং অপর অংশ অর্থাৎ OX নেয়া হয়েছে Oxidation শব্দ থেকে, যার অর্থ 'জারণ'।** এ অধ্যায়ে জারণ-বিজারণ সম্বন্ধে দুটি মতবাদ যেমন জারণ-বিজারণের পুরাতন মতবাদ ও জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদভিত্তিক রাসায়নিক গণনা আলোচনা করা হল।

## ৫.২। জারণ–বিজারণের পুরাতন মতবাদ বা ধারণা
### Classical Concept of Oxidation and Reduction

**জারণ–বিজারণের পুরাতন ধারণা মতে, জারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যাতে অক্সিজেন বা অন্যান্য তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা অম্লীয় মূলক অন্য মৌল বা যৌগের সাথে সংযোজিত হয় বা যাতে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক যৌগ থেকে অপসারিত হয়।** যেমন,

**(ক) অক্সিজেন সংযোজন ঃ**

$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ [ কার্বনের জারণ ]

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g \text{ or } l)$ [ হাইড্রোজেনের জারণ ]

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ [ মিথেনের জারণ ]

http://pdfcorner.com

**(খ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সংযোজন ঃ**

$2Na\ (s) + Cl_2\ (g) \rightarrow 2NaCl\ (s)$ [ সোডিয়ামের জারণ ]

$2FeCl_2\ (aq) + Cl_2\ (aq) \rightarrow 2FeCl_3\ (aq)$ [ $FeCl_2$-এর জারণ ]

**(গ) অম্লীয় মূলকের সংযোজন ঃ**

$2FeSO_4\ (aq) + H_2SO_4\ (aq) + H_2O_2\ (aq) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3\ (aq) + 2H_2O\ (l)$ [$FeSO_4$ এর জারণ]

$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$ [ Zn এর জারণ ]

**(ঘ) হাইড্রোজেন অপসারণ ঃ**

$4HCl\ (aq) + MnO_2\ (s) \rightarrow MnCl_2\ (aq) + Cl_2\ (g) + 2H_2O\ (l)$ [ HCl-এর জারণ ]

**(ঙ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের অপসারণ ঃ**

$2K_4Fe(CN)_6\ (aq) + Cl_2\ (g) \rightarrow 2K_3Fe(CN)_6\ (aq) + 2KCl\ (aq)$ [ $K_4Fe(CN)_6$-এর জারণ ]

জারণ বিক্রিয়ার বিপরীত বিক্রিয়া হচ্ছে বিজারণ (reduction)। পুরাতন মতবাদ অনুসারে, **বিজারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যাতে হাইড্রোজেন বা অন্যান্য তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক সংযুক্ত হয় অথবা অক্সিজেন বা অন্যান্য তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয়।** যেমন,

**(ক) হাইড্রোজেন সংযোজন ঃ**

$Cl_2\ (g) + H_2\ (g) \rightarrow 2HCl\ (g)$ [ $Cl_2$-এর বিজারণ ]

**(খ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌল সংযোজন ঃ**

$HgCl_2\ (s) + Hg\ (l) \rightarrow Hg_2Cl_2\ (s)$ [ $HgCl_2$-এর বিজারণ ]

$Cl_2\ (g) + 2Na\ (s) \rightarrow 2NaCl\ (s)$ [ $Cl_2$-এর বিজারণ ]

**(গ) অক্সিজেন অপসারণ ঃ**

$CuO\ (s) + C\ (s) \rightarrow Cu\ (s) + CO\ (g)$ [ CuO-এর বিজারণ ]

**(ঘ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল অপসারণ ঃ**

$2FeCl_3\ (aq) + SnCl_2\ (aq) \rightarrow 2FeCl_2\ (aq) + SnCl_4\ (aq)$ [ $FeCl_3$-এর বিজারণ ]

**(ঙ) তড়িৎ ঋণাত্মকমূলক অপসারণ ঃ**

$CuSO_4\ (aq) + Zn\ (s) \rightarrow Cu\ (s) + ZnSO_4\ (aq)$ [ $CuSO_4$-এর বিজারণ ]

## ৫.২.১। পুরাতন মতবাদে জারক ও বিজারক
## Oxidizing and reducing agent according to Classical Concept

**জারক ঃ কোন বিক্রিয়ায় যে সব পদার্থ অপর কোন পদার্থকে তড়িৎ–ঋণাত্মক পরমাণু যেমন হ্যালোজেন, অক্সিজেন বা তড়িৎ ঋণাত্মক মূলক ইত্যাদি যোগান দেয় অথবা কোন পদার্থ থেকে তড়িৎ ধনাত্মক পরমাণু যেমন হাইড্রোজেন বা তড়িৎ ধনাত্মক মূলক অপসারণ করে তাদেরকে জারক বলা হয়।** যেমন– নিম্নোক্ত বিক্রিয়ায় অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়েছে অর্থাৎ হাইড্রোজেনকে জারিত করে পানিতে রূপান্তরিত করেছে। অতএব অক্সিজেন একটি জারক।

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

http://pdfcorner.com

উল্লেখযোগ্য জারক পদার্থ হচ্ছে $F_2$, $Cl_2$, $Br_2$, $I_2$, $O_2$, $HNO_3$, উত্তপ্ত গাঢ় $H_2SO_4$, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ (প্রকৃতপক্ষে $MnO_4^-$ ও $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নদ্বয় জারক), পার–অক্সাইডসমূহ, পার–অক্সি এসিডসমূহ ও তাদের লবণসমূহ।

**বিজারক ঃ কোন বিক্রিয়ায় যে সব পদার্থ অপর কোন পদার্থকে হাইড্রোজেন বা তড়িৎ–ধনাত্মক পরমাণু বা মূলক যোগান দেয় অথবা কোন পদার্থ থেকে অক্সিজেন বা তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু বা মূলক অপসারণ করে তাদেরকে বিজারক বলা হয়।** যেমন নিম্নোক্ত বিক্রিয়ায় $SnCl_2$ দ্বারা $FeCl_3$ থেকে একটি ক্লোরিন পরমাণু অপসারিত হয়েছে অর্থাৎ $SnCl_2$ আয়রন (III) ক্লোরাইডকে বিজারিত করে আয়রন (II) ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করেছে। অতএব $SnCl_2$ একটি বিজারক।

$$2FeCl_3\,(aq) + SnCl_2\,(aq) \longrightarrow 2FeCl_2\,(aq) + SnCl_4\,(aq)$$

উল্লেখযোগ্য বিজারকের মধ্যে ক্ষার ধাতুসমূহ, মৃত্তিকা ক্ষার ধাতুসমূহ, হাইড্রোজেন, কার্বন, CO, $H_2S$, $SO_2$, HI, অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4$), $SnCl_2$, নিম্নতর অক্সি–এসিডসমূহ ও তাদের লবণ প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে, **জারকসমূহ অন্যান্য পদার্থকে জারিত করার সময় নিজে বিজারিত হয়। অপরদিকে বিজারকসমূহ কোন পদার্থকে বিজারিত করার সময় নিজে জারিত হয়।**

## ৫.২.২। জারণ–বিজারণ যুগপৎ ঘটে;—পুরাতন মতবাদ অনুসারে এর ব্যাখ্যা

**Oxidation and Reduction occur simultaneously—Explanation based on Classical Concept**

আমরা জানি, কোন জারক পদার্থ যখন অপর পদার্থকে জারিত করে তখন জারক পদার্থ ঐ পদার্থটিকে তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু বা মূলক দান করে অথবা তড়িৎ ধনাত্মক পরমাণু বা মূলক গ্রহণ করে। ফলে ঐ পদার্থটিতে তড়িৎ ঋণাত্মক অংশ বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তা জারিত হয়। অপরদিকে জারক পদার্থটি তড়িৎ ঋণাত্মক অংশ ত্যাগ অথবা ধনাত্মক অংশ গ্রহণ করায় তা বিজারিত হয়। এ উভয় পরিবর্তন একই বিক্রিয়ায় ঘটে থাকে।

নিম্নের বিক্রিয়াটি দ্বারা তা ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদ দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে হাল্কা সবুজ বর্ণের ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ ও স্ট্যানিক ক্লোরাইড দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$2FeCl_3\,(aq) + SnCl_2\,(aq) \longrightarrow 2FeCl_2\,(aq) + SnCl_4\,(aq)$$

**ব্যাখ্যা ঃ** এ বিক্রিয়ার পূর্বে প্রতিটি আয়রন পরমাণুর সাথে তিনটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত ছিল। বিক্রিয়ার পরে মাত্র দুটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত আছে অর্থাৎ একটি ঋণাত্মক ক্লোরিন পরমাণু ত্যাগ করা হয়েছে। সুতরাং এ বিক্রিয়ায় $FeCl_3$ এর বিজারণ ঘটেছে। অপরদিকে বিক্রিয়ার পূর্বে প্রতিটি টিন পরমাণুতে দুটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত ছিল। বিক্রিয়ার ফলে টিন পরমাণুতে যুক্ত ক্লোরিনের সংখ্যা চার–এ বৃদ্ধি পেয়েছে অর্থাৎ $SnCl_2$-এর জারণ হয়েছে। সুতরাং এ বিক্রিয়ায় এক পদার্থের বিজারণ ও অপর পদার্থের জারণ ঘটেছে; অর্থাৎ একই সাথে জারণ-বিজারণ ঘটেছে।

## ৫.৩। জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ

**The Electronic Concept of Oxidation and Reduction**

আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে, **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ বা বর্জন করে; ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু, আয়ন বা মূলকের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধি পায়, তাকে জারণ বলে।**

আবার **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে; ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু, আয়ন বা মূলকের ঋণাত্মক চার্জ বৃদ্ধি বা ধনাত্মক চার্জ হ্রাস পায়, তাকে বিজারণ বলে।** সুতরাং জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় প্রকৃতপক্ষে ইলেকট্রন আদান–প্রদান হয় বা সংশ্লিষ্ট পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে।

**উদাহরণ–১।** সোডিয়াম ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na\,(s) + Cl_2\,(g) \longrightarrow 2NaCl\,(s)$$

http://pdfcorner.com

উল্লিখিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন দ্বারা সোডিয়াম জারিত এবং সোডিয়াম দ্বারা ক্লোরিন বিজারিত হয়েছে। কিন্তু রাসায়নিক বন্ধনের ইলেকট্রনীয় মতবাদ হতে আমরা জানি যে, প্রকৃতপক্ষে এতে নিম্নরূপ পরিবর্তন সাধিত হয়েছে ঃ

$$Na \longrightarrow Na^+ + e^- \quad \text{(জারণ)}; \qquad Cl_2\,(g) \longrightarrow 2Cl\,(g)$$
$$Cl + e^- \longrightarrow Cl^- \quad \text{(বিজারণ)};$$

অর্থাৎ সোডিয়াম পরমাণু ক্লোরিন পরমাণুকে একটি ইলেকট্রন দান করেছে। সুতরাং জারণ হচ্ছে ইলেকট্রন প্রদান এবং বিজারণ হচ্ছে ইলেকট্রন গ্রহণ। অর্থাৎ জারণ–বিজারণে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটেছে।

**উদাহরণ–২।** কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে জিংক ধাতুর গুঁড়া যোগ করলে জিংক সালফেটের দ্রবণ ও লালচে কপার গুঁড়া উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$CuSO_4\,(aq) + Zn\,(s) \rightarrow ZnSO_4\,(aq) + Cu\,(s)$$

এ বিক্রিয়াটিতে প্রকৃতপক্ষে সালফেট ($SO_4^{2-}$) আয়নের কোন পরিবর্তন হয় না। তাই আয়নিক রূপে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ $Cu^{2+}\,(aq) + Zn\,(s) \rightarrow Zn^{2+}\,(aq) + Cu\,(s)$

স্পষ্টতই বোঝা যায় যে, উপরিউক্ত জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় Zn ধাতু $Cu^{2+}$ আয়নকে দুটি ইলেকট্রন দান করেছে। আবার সংজ্ঞানুসারে Zn ধাতু Cu লবণকে বিজারিত করেছে এবং নিজে জারিত হয়েছে। সুতরাং বিক্রিয়াটিকে নিম্নোক্ত দু' অংশে লেখা যায় ঃ

$$Zn\,(s) \longrightarrow Zn^{2+}\,(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ)}$$
$$Cu^{2+}\,(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu\,(s) \quad \text{(বিজারণ)}$$

**জারক ও বিজারক ঃ জারণ–বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে যে সব মৌল, মূলক বা আয়ন বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তারা হচ্ছে জারক এবং যে সব মৌল, মূলক বা আয়ন বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন বর্জন বা ত্যাগ করে, তারা হচ্ছে বিজারক।** যেমন,

$$\left.\begin{aligned} Na &\longrightarrow Na^+ + e^- \\ Cl + e^- &\longrightarrow Cl^- \end{aligned}\right\} Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^-$$

উপরের বিক্রিয়াকালে ক্লোরিন ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে; সুতরাং ক্লোরিন হল জারক। অপরদিকে ঐ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ধাতু ইলেকট্রন বর্জন করেছে; সুতরাং সোডিয়াম হল বিজারক।

নিম্নে জারক ও বিজারকের কিছু উদাহরণ দেয়া হল ঃ

| **জারক ঃ** | **বিজারক ঃ** |
|---|---|
| ১। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $KMnO_4$ | ১। সোডিয়াম অক্সালেট $Na_2C_2O_4$ |
| ২। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট, $K_2Cr_2O_7$ | ২। সোডিয়াম থায়োসালফেট $Na_2S_2O_3$ |
| ৩। কপার সালফেট, $CuSO_4$ | ৩। পটাসিয়াম আয়োডাইড, KI |

## ৫.৩.১। ইলেকট্রন মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটে—এর ব্যাখ্যা

**Oxidation and Reduction occur simultaneously—Explanation based on Electronic Concept**

জারণ–বিজারণের ইলেকট্রনীয় ধারণা মতে জারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া, যেখানে কোন পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করে। অপরদিকে বিজারণ হচ্ছে এমন একটি প্রক্রিয়া, যেখানে কোন পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে। আবার যে পদার্থ ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে বিজারক এবং যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে জারক বলে। সুতরাং বিজারক ইলেকট্রন ত্যাগ করলে জারক সে ইলেকট্রন গ্রহণ করে। যেহেতু ইলেকট্রন ত্যাগ হল জারণ এবং ইলেকট্রন গ্রহণ হল বিজারণ; তাই জারণ ও বিজারণ **ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে** একই সাথে ঘটে। জারণ ও বিজারণ হল ইলেকট্রন আদান–প্রদানকারী কোন বিক্রিয়ার দুটি অংশ। যেমন, সোডিয়াম পরমাণু ও

http://pdfcorner.com

ক্লোরিন পরমাণুর মধ্যে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় NaCl উৎপন্ন হয়। তা নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ

$Cl_2 \longrightarrow 2Cl$ ... ক্লোরিন অণু হতে ক্লোরিন পরমাণুর সৃষ্টি

$2Na \longrightarrow 2Na^+ + 2e^-$ ... জারণ (এক্ষেত্রে Na হল বিজারক)

$2Cl + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ ... বিজারণ (এক্ষেত্রে Cl হল জারক)

যোগ করে, $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2(Na^+ + Cl^-) \rightarrow 2Na^+Cl^-$ (জারণ–বিজারণ)

## ৫.৪। জারণ সংখ্যা
## Oxidation Number

আমরা জানি, নিরপেক্ষ পরমাণুতে প্রোটন সংখ্যা ও ইলেকট্রন সংখ্যা সমান থাকে। বিক্রিয়ার সময় ধাতুর পরমাণু যতটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে, ঠিক ততটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন সৃষ্টি হয়। যেহেতু ইলেকট্রন ত্যাগ করাকে জারণ বলে; তাই ঐ পরমাণুটি ঐ ধনাত্মক চার্জ সংখ্যার সমমানে জারিত হয়েছে এবং পরমাণুটি **ধনাত্মক জারণ অবস্থায়** আছে বলা হয়। আবার কোন অধাতু পরমাণু বিক্রিয়াকালে যতটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে, ঠিক ততটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত অ্যানায়ন সৃষ্টি হয়। যেহেতু ইলেকট্রন গ্রহণ করাকে বিজারণ বলে, তখন ঐ পরমাণুটিকে বিজারিত বা ঋণাত্মক চার্জের সমান সংখ্যক **ঋণাত্মক জারণ অবস্থায়** আছে বলা হয়। কারণ বিজারণ হল জারণের বিপরীত।

**জারণ সংখ্যা ঃ কোন যৌগ বা আয়ন সৃষ্টির সময় বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান–প্রদানের ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে সৃষ্ট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক তড়িৎ চার্জের সংখ্যাকে ঐ মৌলের জারণ সংখ্যা বলে।** অর্থাৎ জারণ সংখ্যা বলতে এমন একটি সংখ্যাকে বোঝায় যা দ্বারা সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে সৃষ্ট তড়িৎ চার্জের প্রকৃতি ও সংখ্যা মান উভয়ই প্রকাশ পায়। পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করলে ধনাত্মক জারণ সংখ্যা হয়; যেমন +1, +2, +3 ইত্যাদি। অপরদিকে পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করলে ঋণাত্মক জারণ সংখ্যা হয়, যেমন –1, –2, –3 ইত্যাদি।

উদাহরণস্বরূপ, NaCl তৈরি হওয়ার সময় Na পরমাণু একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে $Na^+$ আয়ন তৈরি করে; সুতরাং এ যৌগে Na-এর জারণ সংখ্যা +1। অপরদিকে ক্লোরিন পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে $Cl^-$ আয়ন তৈরি করে। সুতরাং এ যৌগে ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা –1। দেখা যাচ্ছে, উভয় মৌলের জারণ সংখ্যা তাদের যোজনীর সমান, তবে যোজনী শুধুমাত্র একটি সংখ্যা; তাতে '+' বা '–' চিহ্ন থাকে না। কিন্তু জারণ সংখ্যা সর্বদাই ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক হয়।

জারণ সংখ্যার সংজ্ঞা কড়াকড়িভাবে গ্রহণ করলে শুধুমাত্র আয়নিক যৌগে আয়নসমূহের জারণ সংখ্যা সম্ভব। সমযোজী যৌগের মৌলসমূহের জারণ সংখ্যা শূন্য হয়। প্রকৃতপক্ষে বিশুদ্ধ সমযোজী মৌলসমূহ যেমন $H_2, O_2, N_2, Cl_2$ এ মৌলসমূহের জারণ সংখ্যা শূন্য। মৌলসমূহ মুক্ত অবস্থায় থাকলে বা ধাতব বন্ধনযুক্ত অবস্থায় থাকলেও তাদের জারণ সংখ্যা শূন্য।

অপরদিকে বিভিন্ন সমযোজী যৌগে ইলেকট্রনসমূহ পুরোপুরি স্থানান্তরিত না হলেও বন্ধনযুক্ত কোন একটি মৌলের দিকে কিছু পরিমাণে বেশি আকৃষ্ট হয়। কারণ বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু দুটোর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সমান নয়। এ সব মৌলের জারণ সংখ্যা বের করার সময় ইলেকট্রনসমূহ অধিক তড়িৎঋণাত্মক পরমাণুর দিকেই সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরিত হয়েছে ধরে জারণ–সংখ্যা বের করা হয়। যেমন HCl যৌগে বন্ধনটি সমযোজী অর্থাৎ উভয় পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন শেয়ার করে এ যৌগের অণু সৃষ্টি করেছে। কিন্তু বন্ধনযুক্ত ইলেকট্রন যুগল অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক ক্লোরিন পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয় ধরে এ যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 এবং ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা –1 ধরা হয়। অনুরূপভাবে $H_2O$ যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 এবং অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা –2 ধরা হয়।

### (ক) জারণ সংখ্যা নির্ণয়

নিম্নের নিয়মগুলোর সাহায্যে যে কোন যৌগে বা আয়নে কোন মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করা যায় ঃ

১। স্বাভাবিক মুক্ত অবস্থায় সব মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য। যেমন, He, $Cl_2$, Na, $P_4$, $S_8$ ইত্যাদি সব মৌলের জারণ অবস্থা শূন্য।

http://pdfcorner.com

২। এক পরমাণু বিশিষ্ট সরল আয়নের জারণ সংখ্যা তাদের চার্জের সমান। যেমন, $Mg^{2+}$ এবং $Fe^{3+}$ আয়নের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +2 এবং +3। অনুরূপভাবে $Cl^-$ এবং $S^{2-}$ আয়নের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে –1 এবং –2।

৩। ধাতু ও অধাতু দ্বারা গঠিত আয়নিক যৌগে ধাতুর জারণ সংখ্যা ধনাত্মক ও অধাতুর জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক হয়। যেমন NaCl যৌগে Na এর জারণ সংখ্যা +1 এবং Cl এর জারণ সংখ্যা –1।

৪। সমযোজী যৌগে যে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি সেটির জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক হয় এবং অপরটির জারণ সংখ্যা যোজনী অনুসারে ধনাত্মক হয়। যেমন HCl যৌগে H এর জারণ সংখ্যা +1 এবং Cl এর জারণ সংখ্যা –1 হয়।

৫। যৌগের নিরপেক্ষ বা আধানবিহীন অণুতে উপস্থিত সব কয়টি পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল শূন্য হয়। কিন্তু আয়নে উপস্থিত সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল আয়নের চার্জের সমান।

৬। নিম্নোক্ত মৌলের জারণ সংখ্যা স্থির থাকে। যেমন,

(ক) গ্রুপ IA ধাতুসমূহের অর্থাৎ Li, Na, K, Rb ইত্যাদির জারণ সংখ্যা +1 হয়।

(খ) গ্রুপ IIA ধাতুসমূহের অর্থাৎ Be, Mg, Ca, Ba ইত্যাদির জারণ সংখ্যা +2 হয়।

(গ) Al এর জারণ সংখ্যা সব সময় +3 হয়।

(ঘ) ধাতব হাইড্রাইড যেমন NaH, $MgH_2$ সমূহে H এর জারণ সংখ্যা –1 হয়; কিন্তু অধাতুর সাথে যুক্ত হলে সেক্ষেত্রে H এর জারণ সংখ্যা +1 হয়।

(ঙ) সাধারণত প্রায় সব যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা –2; কিন্তু পার অক্সাইড যেমন $H_2O_2$, $Na_2O_2$ ইত্যাদি –1 এবং সুপার অক্সাইড (যেমন $KO_2$) সমূহে $-\frac{1}{2}$ হয়। গাঠনিক সংকেত বিবেচনা করে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা স্থির করা যায়।

(চ) ফ্লোরিনের জারণ সংখ্যা সব সময় –1 হয়। অন্যান্য হ্যালোজেনের বেলায় হ্যালোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু ছাড়া অন্য ধাতব ও অধাতব পরমাণুর সাথে একক বন্ধনে যুক্ত থাকলে সেক্ষেত্রে তার জারণ সংখ্যা –1 হয়।

যেমন, $AlCl_3$, $CCl_4$, $CHBr_3$, AgF, $Cu_2I_2$, HF প্রভৃতি যৌগে হ্যালোজেন পরমাণুসমূহের জারণ সংখ্যা –1। তবে F–Cl যৌগে ফ্লোরিন বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় এর জারণ সংখ্যা –1 এবং ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা +1 (সর্বমোট শূন্য)। অনুরূপভাবে আন্তঃহ্যালোজেন যৌগসমূহ যেমন ICl, BrCl, IBr, BrF প্রভৃতি যৌগে অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের জারণ সংখ্যা –1 এবং অন্যটির জারণ সংখ্যা +1। $ICl_3$, $IBr_3$, $IF_3$ প্রভৃতি যৌগে Cl, Br, F এর জারণ সংখ্যা –1; কিন্তু I এর জারণ সংখ্যা +3 (সর্বমোট শূন্য)।

### (খ) জারণ সংখ্যা ও মৌলের যোজনীর মধ্যে পার্থক্য

১। **সংজ্ঞাভিত্তিক পার্থক্য ঃ** কোন মৌলের যোজনী হল অপর মৌলের সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতা। যোজনীর কোন ধনাত্মকতা বা ঋণাত্মকতা নেই। অপরদিকে কোন যৌগে কোন মৌলের জারণ সংখ্যা বলতে এমন একটি সংখ্যাকে বোঝায়, যা দ্বারা সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে সৃষ্ট তড়িৎ চার্জের প্রকৃতি ও সংখ্যামান উভয়ই প্রকাশ পায়। জারণ সংখ্যা ধনাত্মক, ঋণাত্মক বা শূন্য হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ,

MgO যৌগে Mg এর যোজনী হল 2; কিন্তু MgO এ Mg এর জারণ সংখ্যা হল +2। অনুরূপভাবে মিথেন ($CH_4$) যৌগে C এর যোজনী হল 4; কিন্তু $CH_4$ যৌগে C এর জারণ সংখ্যা হল – 4।

২। **বিভিন্ন যৌগে যোজনী ও জারণ সংখ্যা ঃ** একই মৌলের বিভিন্ন যৌগে একই যোজনী সংখ্যা হলেও বিভিন্ন জারণ সংখ্যা হতে পারে। যেমন কার্বনের সব যৌগে কার্বন চতুর্যোজী বা যোজনী 4 হলেও নিম্নোক্ত যৌগসমূহে কার্বনের জারণ সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়েছে। যেমন,

| যৌগসমূহ | জারণ সংখ্যা | যৌগসমূহ | জারণ সংখ্যা |
|---|---|---|---|
| ১। $CH_4$ (মিথেন) | –4 | ৩। $CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) | +4 |
| ২। $C_2H_2$ (ইথাইন) | –1 | ৪। $CH_2Cl_2$ (ডাইক্লোরোমিথেন) | 0 (শূন্য) |

http://pdfcorner.com

৩। **পূর্ণসংখ্যায় যোজনী ঃ** মৌলের যোজনী সব সময় পূর্ণসংখ্যা। কিন্তু মৌলের জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ হতে পারে। যেমন ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড ($Fe_3O_4$) যৌগে একটি Fe-এর যোজনী 2 এবং অপর দুটি Fe এর প্রত্যেকের যোজনী 3 [কারণ $Fe_3O_4 = FeO + Fe_2O_3$]। কিন্তু $Fe_3O_4$ এ Fe এর জারণ সংখ্যা + 2.66।

৪। **পরমাণুর জারণসংখ্যা শূন্য ঃ** কোন বিশেষ যৌগের অণুতে যেমন $CH_2Cl_2$ (ডাইক্লোরোমিথেন) এ কার্বন পরমাণুর জারণসংখ্যা শূন্য হতে পারে। কিন্তু কোন মৌলের যৌগে পরমাণুর যোজনী কখনও শূন্য হয় না।

**উদাহরণ ১। $KMnO_4$ যৌগে Mn এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।**

মনে করি, Mn এর জারণ সংখ্যা হল x। $KMnO_4$ যৌগে K-এর জারণ সংখ্যা +1, প্রতিটি অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা –2। যেহেতু আধানবিহীন যৌগের বেলায় সর্বমোট জারণ সংখ্যা শূন্য হয়, সেহেতু, $+1 + x + (-2) \times 4 = 0$; সুতরাং $KMnO_4$ যৌগে Mn এর জারণ সংখ্যা $x = +7$।

**উদাহরণ ২। পারম্যাঙ্গানেট ($MnO_4^-$) আয়নে Mn এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।**

মনে করি, পারম্যাঙ্গানেট ($MnO_4^-$) আয়নে Mn এর জারণ সংখ্যা হল x। তখন একটি Mn এর জারণ সংখ্যা এবং চারটি অক্সিজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল ঐ আয়নের চার্জের সমান অর্থাৎ –1 হবে ঃ

$x + (-2) \times 4 = -1$

বা, $x = (-1 + 8) = +7$

সুতরাং প্রদত্ত আয়নে Mn এর জারণ সংখ্যা হল + 7.

**উদাহরণ ৩। $K_2Cr_2O_7$ যৌগে Cr এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।**

মনে করি, চার্জবিহীন অণু পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) যৌগে Cr-এর জারণ সংখ্যা x হলে, তখন K এর জারণ সংখ্যা +1 ও অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা –2 ধরে পাই,

$(+1) \times 2 + x \times 2 + (-2) \times 7 = 0$

বা, $2 + 2x - 14 = 0$

বা, $2x = 12$

বা, $x = 6$; $\therefore$ এক্ষেত্রে $K_2Cr_2O_7$ যৌগে Cr এর জারণ সংখ্যা হল + 6.

**উদাহরণ ৪। ক্লোরিন হেপ্টঅক্সাইড $Cl_2O_7$ যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা কত?**

সাধারণ নিয়ম মতে Cl এর জারণ সংখ্যা –1 হওয়ার কথা; কিন্তু অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক O ও F এর সাথে Cl এর ব্যতিক্রম হয়। এক্ষেত্রে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা –2 এবং Cl এর জারণ সংখ্যা ধনাত্মক ও x হলে আমরা পাই–

$2x + (-2) \times 7 = 0$; $\therefore x = 7$

$\therefore$ $Cl_2O_7$ **(ক্লোরিন হেপ্টঅক্সাইড)** যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা হল +7

**উদাহরণ ৫। হেক্সাসায়ানো ক্রোমেট (III), $[Cr(CN)_6]^{3-}$ আয়নে Cr এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।**

প্রদত্ত আয়নটি হল জটিল আয়ন। এ জটিল আয়নে সায়ানাইড আয়ন ($CN^-$) লিগ্যান্ড বা ইলেকট্রন যুগল যোগানকারী রূপে ছয়টি সায়ানাইড আয়ন ($CN^-$) যুক্ত আছে।

এক্ষেত্রে সায়ানাইড আয়ন ($CN^-$) এর চার্জ বা জারণ সংখ্যা হল –1

Cr এর জারণ সংখ্যা x ধরে আমরা লিখতে পারি–

$x + (-1) \times 6 = -3$; $\therefore x = 3$

$\therefore$ $[Cr(CN)_6]^{3-}$ আয়নে Cr এর জারণ সংখ্যা হল + 3

অনুরূপভাবে (১) $H_3PO_4$, (২) $HClO_4$, (৩) $H_2SO_3$, (৪) $H_2SO_4$, (৫) $Na_2S_2O_3$, (৬) $[Fe(CN)_6]^{3-}$, (৭) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ প্রভৃতি যৌগ ও আয়নসমূহে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ সংখ্যা সংক্ষেপে নিম্ন মতে গণনা করা যায়।

http://pdfcorner.com

মনে করি, সংশ্লিষ্ট যৌগে ও আয়নে তারকাচিহ্নিত মৌলের জারণ সংখ্যা হল 'x'। জারণ সংখ্যা নির্ণয়ের নিয়ম মতে–

(১) $H_3\overset{*}{P}O_4$ এর বেলায় ঃ $(+1)\times 3 + x + (-2)\times 4 = 0$, বা, $x = 8 - 3 \therefore x = +5$

(২) $H\overset{*}{C}lO_4$ এর বেলায় ঃ $(+1)\times 1 + x + (-2)\times 4 = 0$, বা, $x = 8 - 1 \therefore x = +7$

(৩) $H_2\overset{*}{S}O_3$ এর বেলায় ঃ $(+1)\times 2 + x + (-2)\times 3 = 0$, বা, $x = 6 - 2 \therefore x = +4$

(৪) $H_2\overset{*}{S}O_4$ এর বেলায় ঃ $(+1)\times 2 + x + (-2)\times 4 = 0$, বা, $x = 8 - 2 \therefore x = +6$

(৫) $Na_2\overset{*}{S}_2O_3$ এর বেলায় ঃ $(+1)\times 2 + 2x + (-2)\times 3 = 0$, বা, $2x = 6 - 2 \therefore x = +2$

(৬) $[\overset{*}{Fe}(CN)_6]^{3-}$ এর বেলায় ঃ $x + (-1)\times 6 = -3$, বা, $x = 6 - 3 \therefore x = +3$

(৭) $[\overset{*}{Cu}(NH_3)_4]^{2+}$ এর বেলায় ঃ $x + (0)\times 4 = +2$, বা, $x = +2 \therefore x = +2$

**বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ** আবার কোন কোন যৌগে কোন মৌলের জারণ সংখ্যা অপূর্ণ সংখ্যা দেখা যায়। যেমন,

$$\underset{\text{সোডিয়াম থায়োসালফেট}}{2\overset{+2}{Na_2}\overset{+4}{S_2}\overset{-6}{O_3}} \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট}}{\overset{+2}{Na_2}\overset{+10/4}{S_4}\overset{-12}{O_6}} + 2\overset{+}{Na} + 2e^-$$

এই অর্ধবিক্রিয়ায় S-এর গড় জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +2 এবং 2.5। $KI_3$ যৌগে K-এর জারণ সংখ্যা +1। সুতরাং I-এর গড় জারণ সংখ্যা $-\frac{1}{3}$। এ সব ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার পরিবর্তন সাধারণ নিয়ম দ্বারা হিসাব করা জটিল। এদের **গাঠনিক সংকেত** থেকে প্রকৃত জারণ সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

### (গ) জারণ সংখ্যার প্রয়োগ বা ব্যবহার

(১) অজৈব যৌগের নামকরণ, (২) জারণ–বিজারণ (রিডক্স) বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের মোলার অনুপাত নির্ণয়, (৩) জারণ–বিজারণ (রিডক্স) বিক্রিয়ার সমীকরণে সমতা সাধন কাজে জারণ সংখ্যা ব্যবহার করা হয়।

**১। অজৈব যৌগের নামকরণ ঃ** ইতিপূর্বে মৌলের একাধিক জারণ সংখ্যাবিশিষ্ট যৌগের নামকরণের বেলায় কম জারণ সংখ্যাবিশিষ্ট যৌগের নামের শেষে 'আস' (ous) এবং বেশি জারণ সংখ্যার যৌগের নামের শেষ 'ইক' (ic) প্রত্যয় যোগ করা হত। বর্তমানে এক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যা রোমান সংখ্যা দ্বারা মৌলের বা আয়নের নামের পর ব্র্যাকেটসহ লেখা হয়। দ্বিমৌল যৌগের নামের শেষে 'আইড' (-ide) এবং অক্সিজেনসহ ত্রিমৌল যৌগের নামের শেষে –এট (-ate) বসে। জারণসংখ্যা ভিত্তিক অজৈব যৌগের এ নতুন নামকরণ পদ্ধতিকে বিজ্ঞানী Albert Stock এর নামানুসারে Stock System বলা হয়। যেমন,

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| কিউপ্রাস অক্সাইড, | $Cu_2O$ | কপার (I) অক্সাইড, | $KMnO_4$ | পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (VII) |
| কিউপ্রিক অক্সাইড, | $CuO$ | কপার (II) অক্সাইড, | $K_2MnO_4$ | পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (VI) |
| প্লাম্বাস ক্লোরাইড, | $PbCl_2$ | লেড (II) ক্লোরাইড, | $K_2CrO_4$ | পটাসিয়াম ক্রোমেট (VI) |
| প্লাম্বিক ক্লোরাইড, | $PbCl_4$ | লেড (IV) ক্লোরাইড, | $K_2Cr_2O_7$ | পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (VI) |
| সো. সালফেট | $Na_2SO_4$ | সোডিয়াম সালফেট (VI) | $NaNO_3$ | সোডিয়াম নাইট্রেট (V) |
| সো. সালফাইট | $Na_2SO_3$ | সোডিয়াম সালফেট (IV) | $NaNO_2$ | সোডিয়াম নাইট্রেট (III) |

**২। জারণ সংখ্যার সাথে বিক্রিয়কের মোলের অনুপাতের সম্পর্ক ঃ জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় জারকের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণসংখ্যার সর্বমোট পরিবর্তন বিজারকের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণসংখ্যার সর্বমোট পরিবর্তনের সমান হয়।** এ নিয়ম হতে যে কোন জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় জারক ও বিজারকের **মোলের অনুপাত** নির্ণয় করা যায়। যেমন,

**উদাহরণ ১। জারক পদার্থ অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে বিজারক পদার্থ ফেরাস লবণের বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের মোলার অনুপাত নির্ণয় ঃ**

এ বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$ হতে Cr (III) লবণ উৎপন্ন হয়। $K_2Cr_2O_7$ এ Cr এর জারণ সংখ্যা + 6; এবং Cr (III) লবণে Cr এর জারণ সংখ্যা + 3। সুতরাং এ বিক্রিয়ায় প্রতিটি Cr এর এ জারণ সংখ্যার



http://pdfcorner.com

পরিবর্তন $(6 - 3) = 3$। যেহেতু $K_2Cr_2O_7$-এ দুটি ক্রোমিয়াম পরমাণু আছে, সেহেতু জারণ সংখ্যার মোট পরিবর্তন হচ্ছে $3 \times 2 = 6$।

অপরদিকে আয়রন (II) লবণ ($FeSO_4$) জারিত হয়ে আয়রন (III) লবণে পরিণত হয়। এ দুটি যৌগে আয়রনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে + 2 ও + 3; সুতরাং জারণ সংখ্যার পরিবর্তন = $(3 - 2) = 1$।

যেহেতু বিক্রিয়াকালে জারক ও বিজারক উভয়ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার পরিবর্তন সমান হতে হবে, সেহেতু এক অণু $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে ছয় অণু আয়রন (II) লবণ ($FeSO_4$) বিক্রিয়া করবে। অর্থাৎ বিক্রিয়ায় $K_2Cr_2O_7$ ও Fe (II) লবণের মোলার অনুপাত হবে 1 ঃ 6।

$$\underset{\text{জারক}}{K_2Cr_2O_7} + 7H_2SO_4 + \underset{\text{বিজারক}}{6FeSO_4} \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

**উদাহরণ ২। আয়রন (III) ক্লোরাইডের সাথে টিন (II) ক্লোরাইডের বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের মোলার অনুপাত নির্ণয় ঃ**

এক্ষেত্রে আয়রন (III) ক্লোরাইড হল জারক এবং টিন (II) ক্লোরাইড হল বিজারক।

এ বিক্রিয়ায় আয়রন (III) ক্লোরাইড এর বিজারণ থেকে আয়রন (II) ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এ দুটি যৌগে আয়রনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে + 3 ও + 2। অর্থাৎ আয়রনের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন = $(3 - 2) = 1$।

অপরদিকে টিন (II) ক্লোরাইড জারিত হয়ে টিন (IV) ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এ দুটি যৌগে টিন–এর জারণ সংখ্যা হচ্ছে যথাক্রমে + 2 ও + 4। সুতরাং জারণ সংখ্যার পরিবর্তন $(4 - 2) = 2$।

যেহেতু জারক ও বিজারক উভয়ের ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার সর্বমোট পরিবর্তন সমান হতে হবে, সেহেতু এক অণু টিন (II) ক্লোরাইডের সাথে দুই অণু আয়রন (III) ক্লোরাইড বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ বিক্রিয়ায় এদের অর্থাৎ $SnCl_2$ ও $FeCl_3$ এর মোলের অনুপাত হচ্ছে 1 ঃ 2।

$$SnCl_2\,(aq) + 2FeCl_3\,(aq) \rightarrow SnCl_4\,(aq) + 2\,FeCl_2\,(aq)$$

**উদাহরণ ৩। অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে অক্সালিক এসিডের বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের মোলার অনুপাত নির্ণয় ঃ**

এ বিক্রিয়ায় $KMnO_4$ থেকে Mn(II) লবণ উৎপন্ন হয়। $KMnO_4$ এ Mn এর জারণ সংখ্যা + 7, Mn(II) লবণে Mn এর জারণ সংখ্যা + 2। অর্থাৎ Mn এর জারণ সংখ্যার পরিবর্তন $(7 - 2) = 5$।

অপরদিকে অক্সালিক এসিড $H_2C_2O_4$ এ কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যা $(8 - 2) \div 2 = + 3$। এটি জারিত হয়ে $CO_2$ উৎপন্ন করে। $CO_2$ এ কার্বনের জারণ সংখ্যা = + 4। অর্থাৎ $H_2C_2O_4$ হতে $CO_2$ তৈরির সময় কার্বনের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হচ্ছে $(4 - 3) = 1$। যেহেতু $H_2C_2O_4$ এ দুটি কার্বন পরমাণু বিদ্যমান এবং উভয় কার্বন পরমাণু কার্বন ডাই–অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়, সেহেতু একটি $H_2C_2O_4$ অণু জারিত হওয়ার সময় কার্বনের মোট জারণ সংখ্যার পরিবর্তন = $(1 \times 2) = 2$।

যেহেতু $KMnO_4$ এর বিজারণে জারণ সংখ্যার পরিবর্তন 5 এবং $H_2C_2O_4$ এর জারণে জারণ সংখ্যার মোট পরিবর্তন 2; সেহেতু $KMnO_4$ ও $H_2C_2O_4$ এর বিক্রিয়ায় $KMnO_4$ ও $H_2C_2O_4$ এর মোলের অনুপাত হবে 2 ঃ 5।

$$2\,KMnO_4\,(aq) + 5\,H_2C_2O_4\,(aq) + 3\,H_2SO_4\,(aq) \rightarrow K_2SO_4\,(aq) + 2MnSO_4\,(aq) + 10CO_2\,(g) + 8H_2O\,(l)$$

**৩। জারণ–বিজারণ সমীকরণের সমতাকরণ ঃ** জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতাকরণের দুটো পদ্ধতি আছে। যেমন, (১) জারণ সংখ্যা পদ্ধতি ও (২) আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতি বা অর্ধবিক্রিয়া পদ্ধতি। এখন উভয় পদ্ধতি আলোচনা করা হল।

**(১) জারণ সংখ্যা পদ্ধতি ঃ** এ পদ্ধতিতে জারণ–বিজারণ সমীকরণ সমতাকরণের মূল ভিত্তি হল, সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় জারিত মৌলের জারণ সংখ্যার মোট বৃদ্ধি, বিজারিত মৌলের জারণ সংখ্যার মোট হ্রাসের সমান হয়। এক্ষেত্রে নিম্নোক্ত ধাপে সমতা সাধন করা হয়।

**১ম ধাপ ঃ** প্রথমে জারণ–বিজারণের **কঙ্কাল সমীকরণ** বা সমতাবিহীনভাবে আয়নিক সমীকরণ লেখা হয়।

http://pdfcorner.com

**২য় ধাপ ঃ** প্রতিটি বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ের বেলায় পরমাণুর জারণ সংখ্যা হিসাব করে কোন্‌টি জারিত বা বিজারিত হয়েছে; তা শনাক্ত করা হয়। সাধারণত দুটি মৌলের জারণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে। যেটির জারণ সংখ্যা কমে তা হবে জারক এবং যেটির জারণ সংখ্যা বাড়ে তা হবে বিজারক।

**৩য় ধাপ ঃ** জারিত মৌলের সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার মোট বৃদ্ধি এবং বিজারিত মৌলের সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার মোট হ্রাস হিসাব করে শেষে উভয় দিকে উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করে জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি ও হ্রাসের মান সমান করা হয়।

**৪র্থ ধাপ ঃ** সবশেষে H ও O পরমাণুর সংখ্যা ও চার্জের সমতা সাধন করতে হয়। এজন্য অম্লীয় মাধ্যম ও ক্ষারীয় মাধ্যম অনুসারে সমতাকরণ নিম্নরূপে করা হয় ঃ

(i) সমীকরণে অম্লীয় মাধ্যমে $H^+$ আয়ন যোগ করে চার্জের সমতা করে অপরদিকে H পরমাণুর সমতার জন্য উপযুক্ত সংখ্যক $H_2O$ অণু যোগ করা হয়।

(ii) সমীকরণে ক্ষারীয় মাধ্যমে $OH^-$ আয়ন যোগ করে চার্জের সমতা করে অপরদিকে H পরমাণুর সমতার জন্য উপযুক্ত সংখ্যক $H_2O$ অণু যোগ করা হয়।

নিম্নের উদাহরণ দ্বারা এ পদ্ধতি ব্যাখ্যা করা হল ঃ

**উদাহরণ ১। কপার ও মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক এসিডের বিক্রিয়ায় কপার (ii) নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়ার সমতা সাধন জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে কর।**

**সমাধান ঃ** কপার ও $HNO_3$ এর বিক্রিয়ায় $Cu(NO_3)_2$ নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ও পানি উৎপন্ন হয়।

**১ম ধাপ ঃ** এ বিক্রিয়ার কঙ্কাল সমীকরণ ও সমতাবিহীন আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

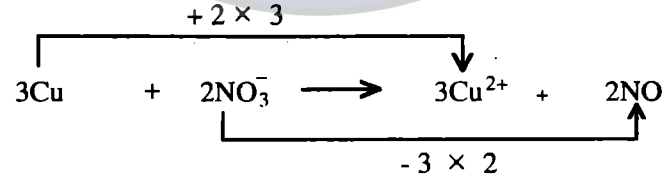
**কঙ্কাল সমীকরণ ঃ** $Cu(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO(g) + H_2O(l)$

**আয়নিক সমীকরণ ঃ** $Cu + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO$

**২য় ধাপ ঃ** $\overset{0}{Cu} + \overset{+5}{NO_3^-} \rightarrow \overset{+2}{Cu^{2+}} + \overset{+2}{NO}$

এখানে Cu এর জারণ সংখ্যা 0 থেকে বেড়ে +2 হয়েছে; ফলে Cu জারিত হয়েছে। অপরদিকে $NO_3^-$ আয়নে N এর জারণ সংখ্যা +5 থেকে কমে NO অণুতে +2 হয়েছে; ফলে N এর বিজারণ ঘটেছে।

**৩য় ধাপ ঃ** এক্ষেত্রে জারিত ও বিজারিত মৌল যথাক্রমে Cu এবং N এর পরমাণু সংখ্যা উভয়দিকে সমান আছে। কিন্তু Cu এর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটেছে +2 এবং N এর জারণ সংখ্যার হ্রাস ঘটেছে $(2 - 5) = -3$। সুতরাং Cu কে 3 দ্বারা এবং $NO_3^-$ মূলককে 2 দ্বারা গুণ করে জারণ সংখ্যার বৃদ্ধির ও হ্রাসের মান সমান করা হয়।




**৪র্থ ধাপ ঃ** সবশেষে H ও O পরমাণুর সংখ্যা ও চার্জের সমতা করতে হবে। বিক্রিয়াটি অম্লীয় মাধ্যমে ঘটেছে। তাই চার্জের সমতা সাধনের জন্য $H^+$ আয়ন ব্যবহার করা হবে। উপরের সমীকরণ মতে বামদিকে চার্জের সংখ্যা হল $2 \times (-1) = -2$ এবং ডানদিকে চার্জের সংখ্যা হল $3 \times (+2) = +6$। সুতরাং চার্জের সমতা করার জন্য বামদিকে আটটি $H^+$ আয়ন যোগ করতে হবে এবং সাথে সাথে ডানদিকে H-পরমাণুর সমতা করার জন্য চারটি $H_2O$ যোগ করতে হবে। এতে অক্সিজেন (O) পরমাণুর সমতাও হয়ে যাবে। সুতরাং সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপ হবে ঃ

$$3Cu + 2NO_3^- + 8H^+ \rightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$$

বা, $$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২। ক্ষারীয় মাধ্যমে নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা সাধন জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে কর ঃ**

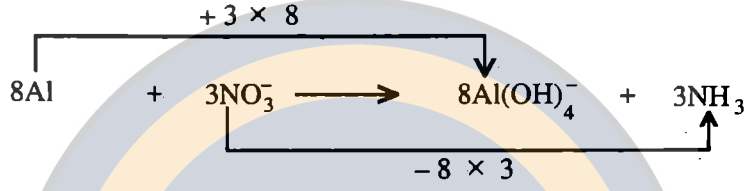
$$Al + NO_3^- \rightarrow Al(OH)_4^- + NH_3$$

**সমাধান ঃ**

**১ম ধাপ ও ২য় ধাপ ঃ** প্রদত্ত কঙ্কাল সমীকরণে Al এর জারণ সংখ্যা 0 (শূন্য) থেকে +3 হয়েছে এবং $NO_3^-$ আয়নে N এর জারণ সংখ্যা +5 থেকে হ্রাস পেয়ে $NH_3$ অণুতে –3 হয়েছে। যেমন,

কঙ্কাল সমীকরণ ঃ $\overset{0}{Al} + \overset{+5}{NO_3^-} \rightarrow \overset{+3}{Al(OH)_4^-} + \overset{-3}{NH_3}$

**৩য় ধাপ ঃ** এক্ষেত্রে জারিত ও বিজারিত মৌল যথাক্রমে Al এবং N এর পরমাণু সংখ্যা উভয়দিকে সমান আছে। কিন্তু Al এর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়েছে +3 এবং N এর জারণ সংখ্যার হ্রাস ঘটেছে (– 3 – 5) = – 8। সুতরাং Al কে 8 দ্বারা এবং $NO_3^-$ মূলককে 3 দ্বারা গুণ করে জারণ সংখ্যার বৃদ্ধির ও হ্রাসের মান সমান করা হয়।




**৪র্থ ধাপ ঃ** সবশেষে H ও O পরমাণুর সংখ্যা ও চার্জের সমতা করতে হবে। বিক্রিয়াটি ক্ষারীয় মাধ্যমে ঘটেছে। তাই চার্জের সমতা সাধনের জন্য $OH^-$ আয়ন ব্যবহার করা হবে। উপরের সমীকরণ মতে বাম দিকে চার্জের সংখ্যা $3 \times (-1) = -3$ এবং ডানদিকে চার্জের সংখ্যা হল $8 \times (-1) = -8$। সুতরাং চার্জের সমতা করার জন্য বামদিকে পাঁচটি $OH^-$ আয়ন যোগ করতে হয়।

$$8Al + 3NO_3^- + 5OH^- \rightarrow 8Al(OH)_4^- + 3NH_3$$

এখন উভয়দিকে H পরমাণুর সমতা করার জন্য বামদিকে আঠারটি $H_2O$ অণু যোগ করতে হয়। এর ফলে O পরমাণুর সমতাও হয়ে যায়। সুতরাং সমতাযুক্ত সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ ঃ

$$8Al + 3NO_3^- + 5OH^- + 18H_2O \rightarrow 8Al(OH)_4^- + 3NH_3$$

বা, $8Al + 3NaNO_3 + 5NaOH + 18H_2O \rightarrow 8NaAl(OH)_4 + 3NH_3$

**৪। আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতি বা অর্ধবিক্রিয়া পদ্ধতিতে জারণ–বিজারণ সমীকরণের সমতাকরণ ঃ** জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া দুটি অংশে বিভক্ত; যেমন বিজারক যে ইলেকট্রন ত্যাগ করে, জারক তা গ্রহণ করে। বিজারক কর্তৃক ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি জারিত হয়, একে **জারণ অর্ধবিক্রিয়া** বলে। অপরদিকে জারক কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি বিজারিত হয়, একে **বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া** বলে। যেমন সোডিয়াম পরমাণু ও ক্লোরিন পরমাণুর বিক্রিয়াকালে Na পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) এ জারিত হয়, এটি জারণ অর্ধবিক্রিয়া। Cl পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) এ বিজারিত হয়, এটি বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া। যেমন–

| | | |
|---|---|---|
| $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ | | [ জারণ অর্ধবিক্রিয়া ] |
| $Cl + e^- \rightarrow Cl^-$ | | [ বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া ] |
| যোগ করে, $Na + Cl \rightarrow Na^+Cl^-$ | | [ জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া ] |

জারণ–বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া পদ্ধতিকে আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিও বলা হয়। এ পদ্ধতির সমীকরণ সমতাকরণের নিয়ম নিচে দেয়া হল ঃ

(১) প্রথমে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় বিজারক ও জারক চিহ্নিত করা হয়। সারণি ৫.১ মতে বিজারক ও জারক পদার্থে সংশ্লিষ্ট মৌলের প্রাথমিক জারণ সংখ্যা এবং ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণের ফলে পরিবর্তিত জারণ সংখ্যা লিখতে হয়।

(২) বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে সমীকরণের ডানদিকে প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন সংখ্যা যোগ করে জারণ অর্ধবিক্রিয়া লিখতে হয়।

http://pdfcorner.com

(৩) জারকের বেলায় জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে সমীকরণের বামদিকে প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন সংখ্যা যোগ করা হয়। জারকের অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা পানি অণু গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক $H^+$ আয়ন বামদিকে যোগ করে বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া লিখতে হয়।

(৪) জারণ অর্ধবিক্রিয়ায় উৎপন্ন কোন উৎপাদ যৌগে অধিক অক্সিজেন পরমাণু থাকলে তা সমতা করার জন্য বিক্রিয়ক হিসেবে $H_2O$ লিখতে হয়।

(৫) জারণ–বিজারণকালে বিজারক প্রদত্ত ইলেকট্রন সংখ্যা জারক দ্বারা গৃহীত ইলেকট্রন সংখ্যার সমান হয়। তাই জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়াকে প্রয়োজনমত 2, 3, 5, 6 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা গুণ করতে হয়।

(৬) অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণ দুটিকে যোগ করে জারণ বিজারণের **আয়নিক সমীকরণ** পাওয়া যায়।

(৭) আয়নিক সমীকরণের উভয়দিকে প্রয়োজনীয় সংখ্যক 'দর্শক আয়ন' অর্থাৎ বিক্রিয়াকালে অপরিবর্তিত আয়নসমূহ যোগ করে **আণবিক সমীকরণ** পাওয়া যায়।

নিচের কয়েকটি উদাহরণ থেকে তা স্পষ্ট হবে ঃ

**উদাহরণ ১।** ফেরিক ক্লোরাইড ও স্টেনাস ক্লোরাইডের জারণ–বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়ার সাহায্যে দেখাও।

**(১) ফেরিক ক্লোরাইড ও স্টেনাস ক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঃ** প্রকৃতপক্ষে ফেরিক ক্লোরাইড থেকে $Fe^{3+}$ আয়ন জারকরূপে এবং স্টেনাস ক্লোরাইড থেকে $Sn^{2+}$ আয়ন বিজারকরূপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। উভয় লবণে ক্লোরাইড আয়ন দর্শক আয়নরূপে সম্পূর্ণ অপরিবর্তিত থাকে ঃ

$$Sn^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ)} \qquad (১)$$

$$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq) \quad \text{(বিজারণ)} \quad \ldots \quad \ldots \qquad (২)$$

উভয়দিকে **ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান করতে** সমীকরণ (২) কে 2 দ্বারা গুণ করে (১) এর সাথে যোগ করে **আয়নিক সমীকরণ** পাই,

$$Sn^{2+}(aq) + 2\,Fe^{3+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + 2\,Fe^{2+}(aq)$$

এখন উভয়দিকে প্রয়োজনমত দর্শক আয়ন যেমন ক্লোরাইড আয়ন যোগ করে **আণবিক সমীকরণ** পাই,

$$SnCl_2(aq) + 2FeCl_3(aq) \rightarrow SnCl_4(aq) + 2FeCl_2(aq)$$

**উদাহরণ ২।** কপার সালফেট ও পটাসিয়াম আয়োডাইডের জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে সমতাকরণসহ দেখাও।

**কপার সালফেট ও পটাসিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়া ঃ** এ বিক্রিয়ায় $CuSO_4$ থেকে $Cu^{2+}$ ও KI থেকে $I^-$ আয়ন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে; $K^+$ আয়ন ও $SO_4^{2-}$ আয়ন দর্শক আয়নরূপে নিষ্ক্রিয় থাকে। এক্ষেত্রে আয়োডাইড আয়ন ($I^-$) বিজারক এবং $Cu^{2+}$ আয়ন জারকরূপে ক্রিয়া করে। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের **অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ**

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ)}$$

$$2Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu_2^{2+}(aq) \quad \text{(বিজারণ)}$$

যোগ করে,

$$2Cu^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + Cu_2^{2+}(aq) \qquad (১)$$

উভয়দিকে প্রয়োজনমত দর্শক আয়নরূপে সালফেট ($SO_4^{2-}$) আয়ন ও $K^+$ আয়ন যোগ করে পাই,

$$2CuSO_4(aq) + 4KI(aq) \rightarrow I_2(aq) + Cu_2I_2(aq) + 2K_2SO_4(aq) \quad \ldots \quad (২)$$

প্রকৃতপক্ষে (২)নং সমীকরণ অপেক্ষা (১)নং সমীকরণ অধিকতর বিজ্ঞানভিত্তিক। কেননা (২)নং দ্বারা প্রতীয়মান হয় যে, $CuSO_4$ ও KI-এর মধ্যে উপরিউক্ত বিক্রিয়া হয়। অপরদিকে সমীকরণ (১)নং দ্বারা বোঝা যায় যে, $Cu^{2+}$ আয়ন ও $I^-$ আয়নের মধ্যে এ বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। প্রকৃতপক্ষে যে কোন Cu(II) লবণ [যেমন $CuSO_4$, $CuCl_2$, $Cu(NO_3)_2$ প্রভৃতি] এবং যে কোন আয়োডাইড লবণ (যেমন KI, NaI, $CaI_2$, HI, $ZnI_2$ প্রভৃতি) একত্রিত করলেই এ বিক্রিয়া ঘটে।

**উদাহরণ ৩।** সোডিয়াম থায়োসালফেট ও আয়োডিনের জারণ–বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে সমতাসহ দেখাও।

**সোডিয়াম থায়োসালফেট ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে থায়োসালফেট আয়ন ($S_2O_3^{2-}$) বিজারক এবং আয়োডিন হল জারক। দুটি থায়োসালফেট আয়ন দুটি ইলেকট্রন বর্জন করে টেট্রাথায়োনেট ($S_4O_6^{2-}$) আয়নে পরিণত

http://pdfcorner.com

হয়। আয়োডিন ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে আয়োডাইড আয়নে পরিণত হয়। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ)}$$

$$I_2(aq) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq) \quad \text{(বিজারণ)}$$

যোগ করে, $2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$

উভয়দিকে দর্শক আয়ন যেমন $Na^+$ আয়ন যোগ করে পাই–

$$2Na_2S_2O_3(aq) + I_2(aq) \rightarrow Na_2S_4O_6(aq) + 2NaI(aq)$$

**উদাহরণ ৪।** অম্লীয় মাধ্যমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও আয়োডাইড লবণের জারণ–বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে সমতাসহ লেখ।

**অম্লীয় মাধ্যমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও আয়োডাইড লবণের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে আয়োডাইড আয়ন বিজারক এবং ডাইক্রোমেট আয়ন জারকরূপে বিক্রিয়া করে। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ)}$$

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad \text{(বিজারণ)}$$

$Cr_2O_7^{2-}$ আয়নের 7টি অক্সিজেন পরমাণু পানিতে পরিণত হয় বলে এ অর্ধবিক্রিয়ায় 14টি $H^+$ যোগ করতে হয়েছে। আবার প্রথম অর্ধবিক্রিয়াকে 3 দিয়ে গুণ করে দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় ছয়টি ইলেকট্রনের সমতা করে যোগ করলে সম্পূর্ণ বিক্রিয়া পাওয়া যায় ঃ

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6I^-(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3I_2(aq) + 7H_2O(l)$$

এ বিক্রিয়াটি শুধুমাত্র অম্লীয় দ্রবণে ঘটে। বিক্রিয়াটি যদি $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে ঘটে, তবে তা নিম্নরূপ হয় ঃ

$$K_2Cr_2O_7(aq) + 7H_2SO_4(aq) + 6KI(aq) \rightarrow Cr_2(SO_4)_3(aq) + 4K_2SO_4(aq) + 7H_2O(l) + 3I_2(aq)$$

অপরদিকে HCl এর উপস্থিতিতে তা নিম্নরূপ ঃ

$$K_2Cr_2O_7(aq) + 14HCl(aq) + 6KI(aq) \rightarrow 2CrCl_3(aq) + 8KCl(aq) + 7H_2O(l) + 3I_2(aq)$$

উভয়ক্ষেত্রে $14H^+$ এর জন্য 7টি $H_2SO_4$-এর অণু বা 14টি HCl-এর অণুর প্রয়োজন হয়।

**উদাহরণ ৫।** অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে ফেরাস লবণের জারণ–বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে সমতাসহ লেখ।

**অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে ফেরাস লবণের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে ফেরাস আয়ন বিজারক এবং ডাইক্রোমেট আয়ন অম্লীয় মাধ্যমে জারকরূপে ক্রিয়া করে। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^- \quad \text{(জারণ)}$$

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad \text{(বিজারণ)}$$

প্রথম অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণকে 6 দিয়ে গুণ করে দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণের সাথে যোগ করে পাওয়া যায় ঃ

$$6Fe^{2+}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) \rightarrow 6Fe^{3+}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

বা, এ বিক্রিয়াটি $H_2SO_4$-এর উপস্থিতিতে নিম্নরূপে দেখানো যায়,

$$6\,FeSO_4(aq) + K_2Cr_2O_7(aq) + 7\,H_2SO_4(aq) = 3\,Fe_2(SO_4)_3(aq) + K_2SO_4(aq) + Cr_2(SO_4)_3(aq) + 7H_2O(l)$$

**উদাহরণ ৬।** অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও অক্সালিক এসিডের জারণ–বিজারণ সমতাসহ লেখ।

**অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে অক্সালিক এসিড বা অক্সালেট লবণের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে অক্সালেট আয়ন ($C_2O_4^{2-}$) বিজারক ও পারম্যাঙ্গানেট আয়ন জারক। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$C_2O_4^{2-}(aq) \rightarrow 2CO_2(g) + 2e^- \quad \text{(জারণ)}$$

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l) \quad \text{(বিজারণ)}$$

http://pdfcorner.com

প্রথম অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণকে 5 দিয়ে এবং দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে যোগ করলে নিচের আয়নিক সমীকরণটি পাওয়া যায় ঃ

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5\,C_2O_4^{2-}(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 10CO_2(g)$$

আবার $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4$) এর সাথে $KMnO_4$ এর বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 5Na_2C_2O_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5Na_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

এক্ষেত্রে 5 অণু অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4$) থেকে 10টি $H^+$ পাওয়া যায়। তাই 3টি $H_2SO_4$ অণুর প্রয়োজন ঃ

$$\therefore 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

**উদাহরণ ৭।** অম্লীয় পটা[illegible] পারম্যাঙ্গানেটের সাথে ফেরাস সালফেটের জারণ–বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে সমতাসহ লেখ।

**অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে ফেরাস লবণের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে ফেরাস আয়ন ($Fe^{2+}$) বিজারক ও পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ($MnO_4^-$) জারকরূপে বিক্রিয়া করে। অম্লীয় মাধ্যমে তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^- \qquad \text{(জারণ)}$$

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{++}(aq) + 4H_2O(l) \qquad \text{(বিজারণ)}$$

প্রথম অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণকে 5 দিয়ে গুণ করে দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণের সাথে যোগ করে পাই,

$$MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$$

আবার $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে সম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ হয়। তখন এ সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করতে হয় ঃ

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

**সারণি ৫.১ ঃ জারণ–বিজারণে কয়েকটি জারক ও বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন**

| জারক | জারক পদার্থের আয়নে সংশ্লিষ্ট মৌলের প্রাথমিক জারণ সংখ্যা | বিক্রিয়ায় গৃহীত ইলেকট্রন সংখ্যা | পরিবর্তিত জারণ সংখ্যা | বিক্রিয়ার পর পরিবর্তিত রূপ |
|---|---|---|---|---|
| **জারক ঃ** | | | | |
| ১। $KMnO_4$ (অম্লীয়) | $MnO_4^-$ এ Mn এর জারণ সংখ্যা + 7 | $+5e^-$ | + 2 | $Mn^{2+}$ |
| $KMnO_4$ (প্রশম) | $MnO_4^-$ এ Mn এর জারণ সংখ্যা + 7 | $+3e^-$ | + 4 | $MnO_2$ |
| $KMnO_4$ (ক্ষারীয়) | $MnO_4^-$ এ Mn এর জারণ সংখ্যা + 7 | $+e^-$ | + 6 | $MnO_4^{2-}$ |
| ২। $K_2Cr_2O_7$ (অম্লীয়) | $Cr_2O_7^{2-}$ এ Cr এর জারণ সংখ্যা + 6 × 2 | $+3e^- \times 2$ | + 3 × 2 | $2 \times Cr^{3+}$ |
| ৩। $FeCl_3$ বা $Fe^{3+}$ আয়ন | $Fe^{3+}$ এ Fe এর জারণ সংখ্যা + 3 | $+e^-$ | + 2 | $Fe^{2+}$ |
| ৪। $CuSO_4$ বা $Cu^{2+}$ আয়ন | $Cu^{2+}$ এ Cu এর জারণ সংখ্যা + 2 | $+e^-$ | + 1 | $Cu^+$ |
| ৫। $Cl_2/Br_2/I_2$ | $X_2$ এ Cl/Br/I এর জারণ সংখ্যা 0 | $+e^-$ | − 1 | $Cl^-/Br^-/I^-$ |
| ৬। $H_2O_2$ বা $O_2^{2-}$ আয়ন | $O_2^{2-}$ এ 2O এর প্রতিটির জারণ সংখ্যা − 1 | $+2e^-$ | − 2 | $2O^{2-}$ |

http://pdfcorner.com

| বিজারক | বিজারক পদার্থের আয়নে সংশ্লিষ্ট মৌলের প্রাথমিক জারণ সংখ্যা | বিক্রিয়ায় বর্জিত ইলেকট্রন সংখ্যা | পরিবর্তিত জারণ সংখ্যা | বিক্রিয়ার পর পরিবর্তিত রূপ |
|---|---|---|---|---|
| **বিজারক ঃ** | | | | |
| ১। $H_2C_2O_4$ বা, $C_2O_4^{2-}$ (অক্সালিক এসিড) | $C_2O_4^{2-}$ এ C এর জারণ সংখ্যা + 3 × 2 | $-e^- \times 2$ | + 4 | $2CO_2$ |
| ২। $FeSO_4$ বা, $Fe^{2+}$ | $Fe^{2+}$ এ Fe এর জারণ সংখ্যা + 2 | $-e^-$ | + 3 | $Fe^{3+}$ |
| ৩। $SnCl_2$ বা, $Sn^{2+}$ | $Sn^{2+}$ এ Sn এর জারণ সংখ্যা + 2 | $-2e^-$ | + 4 | $Sn^{4+}$ |
| ৪। KI বা, $I^-$ আয়ন | $I^-$ এ I এর জারণ সংখ্যা – 1 | $-e^-$ | 0 | $I_2$ |
| ৫। $SO_2$ | $SO_2$ এ S এর জারণ সংখ্যা + 4 | $-2e^-$ | + 6 | $SO_4^{2-}$ |
| ৬। $H_2S$ বা, $S^{2-}$ আয়ন | $S^{2-}$ এ S এর জারণ সংখ্যা – 2 | $-2e^-$ | 0 | S |
| $H_2S$ বা, $S^{2-}$ আয়ন | $S^{2-}$ এ S এর জারণ সংখ্যা – 2 | $-8e^-$ | + 6 | $SO_4^{2-}$ |
| ৭। $Na_2S_2O_3$ বা, $S_2O_3^{2-}$ সোডিয়াম থায়োসালফেট | $2S_2O_3^{2-}$ এ S এর জারণ সংখ্যা + 8 (4S) | $-2e^-$ | + 10 (4S) | $S_4O_6^{2-}$ টেট্রাথায়োনেট আয়ন |
| ৮। $H_2O_2$ বা, $O_2^{2-}$ আয়ন | $O_2^{2-}$ এ O এর জারণ সংখ্যা – 1 × 2 | $-2e^-$ | 0 | $O_2$ |

**উদাহরণ ৮। আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান কর।**

[ঢা. বো. ২০০৪]

$$K_2Cr_2O_7 + HCl + KI \rightarrow KCl + CrCl_3 + I_2 + H_2O$$

**অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে আয়োডাইড লবণের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে ডাইক্রোমেট আয়ন অম্লীয় মাধ্যমে জারক এবং আয়োডাইড আয়ন বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। তাদের জারণ–বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ–অর্ধবিক্রিয়া)}$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad \text{(বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া)}$$

উভয় অর্ধবিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান করতে প্রথম অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণকে 3 দিয়ে গুণ করে এবং শেষে দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণ এর সাথে যোগ করে নিম্নরূপ সমীকরণ পাওয়া যায়,

$$6I^-(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) \rightarrow 3I_2(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

উভয় দিকে প্রয়োজনমত দর্শক আয়ন $K^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাওয়া যায়,

$$6KI(aq) + K_2Cr_2O_7(aq) + 14HCl(aq) \rightarrow 3I_2(aq) + 2\,CrCl_3(aq) + 8KCl(aq) + 7H_2O(l) \quad \ldots (২০)$$

http://pdfcorner.com

## ৫.৫। আয়তনিক বিশ্লেষণে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার ব্যবহার
### Use of Redox Reactions in Volumetric Analysis

**জারণ–বিজারণভিত্তিক আয়তনিক বিশ্লেষণের মূলনীতি ঃ** ইলেকট্রন মতবাদ অনুসারে যে বিক্রিয়ক ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে বিজারক এবং যে বিক্রিয়ক ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে জারক বলা হয়। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় বিজারক যতটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়, জারক পদার্থ ততটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়। তাই সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক জারক ও বিজারকের মধ্যে তাদের মোলের সংখ্যানুপাতে (Stoichiometry) জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংখ্যানুপাতিক সূত্র মতে আমরা পাই,

x জারক + y বিজারক $\longrightarrow$ উৎপাদ; এখানে x ও y হল যথাক্রমে জারক ও বিজারক পদার্থের মোল সংখ্যা।

$$\text{বা, } \frac{V_1 \times M_1 \text{ (জারক)}}{V_2 \times M_2 \text{ (বিজারক)}} = \frac{x \text{ (জারকের মোল সংখ্যা)}}{y \text{ (বিজারকের মোল সংখ্যা)}}$$

জারক ও বিজারক পদার্থ দুটির দ্রবণের মধ্যে একটির ঘনমাত্রা জানা থাকে; এ দ্রবণটিকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। এ প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে অপর দ্রবণের ঘনমাত্রা অথবা নির্দিষ্ট আয়নের পরিমাণ বের করা হয়।

**উদাহরণ ঃ** অম্লীয় মাধ্যমে জারক পদার্থ $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা বিজারক পদার্থ $FeSO_4$ এর জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপ। এ সমীকরণ মতে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা $FeSO_4$ দ্রবণে $Fe^{2+}$ আয়নের পরিমাণ বের করা যায় ঃ

$$\underset{1 \text{ mol}}{K_2Cr_2O_7} + \underset{6 \text{ mol}}{6FeSO_4} + 7H_2SO_4 \longrightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

**গণনা ঃ** সমীকরণ মতে, 1 mol $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ mol $FeSO_4$

$\therefore$ 1000 mL 1 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $\equiv 6$ mol $Fe^{2+}$ আয়ন

$\Rightarrow$ 1 mL 1 M $K_2Cr_2O_7 \equiv 6 \times 10^{-3}$ mol $Fe^{2+} \equiv 6 \times 10^{-3} \times 55.85$ g $Fe^{2+} \equiv 0.3351$ g $Fe^{2+}$

উল্লেখ্য জারণ–বিজারণভিত্তিক আয়তনিক বিশ্লেষণের মধ্যে **জারকরূপে** (i) $KMnO_4$, (ii) $K_2Cr_2O_7$, (iii) $CuSO_4$ ইত্যাদি এবং **বিজারকরূপে** (i) সোডিয়াম অক্সালেট, $Na_2C_2O_4$ (ii) $FeSO_4$, (iii) KI, (iv) $Na_2S_2O_3$ (সোডিয়াম থায়োসালফেট) ইত্যাদি সহযোগে সরল বিক্রিয়াসমূহ এখানে আলোচনা করা হল।

## ৫.৬। $KMnO_4$ এর সাহায্যে জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন বা অনুমাপন
### Redox Titration with $KMnO_4$

**(ক) মূলনীতি ঃ** $KMnO_4$ একটি শক্তিশালী জারক। সাধারণত 1M $H_2SO_4$ এর অম্লীয় দ্রবণে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ($MnO_4^-$) জারকরূপে ক্রিয়া করে $Mn^{2+}$ আয়নে বিজারিত হয়। এ বিজারণের অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

**সতর্কতা ঃ** অম্লরূপে $HNO_3$ ও HCl এসিড ব্যবহার করা যায় না। কারণ, $HNO_3$ নিজে একটি জারক পদার্থ; তাই কোন জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনে অম্লীয় মাধ্যমরূপে $HNO_3$ ব্যবহার করা যায় না। অপরদিকে HCl এসিড বিজারকরূপে $KMnO_4$ এর সাথে নিম্নরূপে বিক্রিয়া করতে পারে।

$$2MnO_4^- + 10Cl^- + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5Cl_2 + 8H_2O$$

(১) HCl এর উপস্থিতিতে, (২) দ্রবণ ঘন হলে; (৩) উচ্চ তাপমাত্রায় এবং (৪) ফেরিক লবণের উপস্থিতিতে উক্ত বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। এর ফলে টাইট্রেশনে তাত্ত্বিক পরিমাণ অপেক্ষা বেশি $KMnO_4$ দ্রবণ লাগতে পারে।



http://pdfcorner.com

**সুবিধা ঃ** $KMnO_4$ দ্বারা টাইটেশনে কোন নির্দেশকের প্রয়োজন হয় না। কেননা এর বর্ণ অত্যন্ত তীব্র এবং 100 mL পানিতে 0.1 mL 0.02 M $KMnO_4$ যোগ করলে এর সুস্পষ্ট হাল্কা পিঙ্ক বা গোলাপী বর্ণ দেখা যায়।

**অসুবিধা ঃ** (i) $KMnO_4$ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়। তাই প্রস্তুত $KMnO_4$ এর দ্রবণকে প্রমিতকরণ করতে হয়। (ii) এর দ্রবণ রেখে দিলে দ্রবণের ঘনমাত্রা ধীরে ধীরে হ্রাস পায়। $KMnO_4$ বিযোজিত হয়ে $MnO_2$ তে পরিণত হয়। (iii) ফলে $KMnO_4$ এর দ্রবণ প্রতিদিন প্রমিতকরণ করতে হয়। (iv) সূর্যালোকে এ $KMnO_4$ দ্রবণ বিযোজিত হয় বলে দ্রবণকে গাঢ়–বর্ণযুক্ত বোতলে অন্ধকারে রাখতে হয়।

**(খ) আনুমানিক 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুতকরণ ঃ** $KMnO_4$ এর আণবিক ভর হল 158। একটি ওয়াচ গ্লাসে প্রায় 3.2 – 3.25 g $KMnO_4$ ওজন করে নিয়ে একটি বড় বিকারে এক লিটার (1 L) পাতিত পানিতে দ্রবীভূত করতে হয়। এ দ্রবণকে একটি ওয়াচ কাচ দ্বারা ঢেকে 15—20 মিনিট ফুটাতে হয়। দ্রবণকে কক্ষতাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করে একটি ফানেলের মধ্যে বিশুদ্ধ কাচের উল রেখে এর ভেতর দিয়ে দ্রবণটি ফিল্টার করতে হয়। **ফিল্টার পেপার ব্যবহার করা যাবে না।** পরিস্রুতকে একটি পরিষ্কার গাঢ় বর্ণযুক্ত কাচের বোতলে অন্ধকারে সংরক্ষণ করতে হয়।

## ৫.৬.১। 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রমিতকরণ

**Standardisation of 0.02 M $KMnO_4$ Solution**

$KMnO_4$ দ্রবণকে সোডিয়াম ইথেন ডাইঅয়েট বা সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4.2H_2O$) অথবা ইথেন ডাই অয়িক এসিড বা অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$) এর প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা প্রমিতকরণ করা যায়। তন্মধ্যে সোডিয়াম অক্সালেট দ্বারা প্রমিতকরণ আলোচিত হল।

**মূলনীতি ঃ** এসিড দ্রবণে $KMnO_4$ এর সাথে সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4$) নিম্নরূপে বিক্রিয়া করে।

$$Na_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + \underset{\text{অক্সালিক এসিড}}{H_2C_2O_4}$$

$$\underset{2\text{ mol}}{2KMnO_4} + \underset{5\text{ mol}}{5H_2C_2O_4} + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

এ বিক্রিয়া ধীর গতিতে চলে। এ কারণে $Na_2C_2O_4$ দ্রবণকে 60° – 70° C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে টাইট্রেশন করা হয়। $KMnO_4$ স্বনির্দেশক হওয়ায় এ টাইটেশনে কোন নির্দেশকের প্রয়োজন হয় না।

**কাজের ধারা ঃ (ক) 0.05 M $Na_2C_2O_4$ দ্রবণ তৈরি ঃ** সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4$) এর আণবিক ভর হল 134। সুতরাং 1.675 g $Na_2C_2O_4$ একটি 250 mL আয়তনিক ফ্লাস্কে অল্প পানিতে দ্রবীভূত করে পরে পাতিত পানি দ্বারা দাগ পর্যন্ত লঘু করলে প্রমাণ 0.05 M দ্রবণ তৈরি হয়।

**(খ) $KMnO_4$ দ্রবণ প্রমিতকরণ ঃ** পিপেট দ্বারা 25 mL প্রমাণ 0.05 M অক্সালেট দ্রবণ একটি কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে এবং এর মধ্যে 150 mL 1 M $H_2SO_4$ যোগ করা হয়। একটি ব্যুরেটে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ নিয়ে ও ব্যুরেটের প্রাথমিক পাঠ রেকর্ড করা হয়। তা হতে কনিকেল ফ্লাস্কে ফোঁটায় ফোঁটায় $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করা হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণে গোলাপী বর্ণ ধারণ করে। এর পর কনিকেল ফ্লাস্কটিকে 60° – 70° C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করে এবং শেষে ব্যুরেট থেকে ফোঁটায় ফোঁটায় $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করা হয়। দ্রবণে হালকা গোলাপী বর্ণ সৃষ্টি হলে এবং তা অন্ততপক্ষে 30 সেকেন্ড স্থায়ী হলে এতে $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ বন্ধ করতে হয়। সমীকরণ মতে,

$$\frac{KMnO_4\ (V_1 \times M_1)}{Na_2C_2O_4\ (V_2 \times M_2)} = \frac{2}{5}, \qquad \therefore 5\ V_1M_1 = 2\ V_2M_2\ ; \qquad \therefore M_1 = \frac{2V_2M_2}{5V_1}\ .$$

এরূপে প্রস্তুত $KMnO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা $M_1$ সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়।

http://pdfcorner.com

## ৫.৬.২। প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়

**Determination of amount of Ferrous ion with standard $KMnO_4$ solution**

**মূলনীতি ঃ** 1 M $H_2SO_4$ মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণ ফেরাস লবণের সাথে নিম্নরূপ জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া করে।

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

বা, $2MnO_4^- + 10Fe^{2+} + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10Fe^{3+} + 8H_2O$

2 mol 10 mol

বিক্রিয়াটি সাধারণ তাপমাত্রায় দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়। তাই দ্রবণকে উত্তপ্ত করার কোন প্রয়োজন হয় না। এক্ষেত্রে HCl এসিড ব্যবহার করা যাবে না; কারণ ক্লোরাইড আয়ন $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হয় এবং সেই বিক্রিয়া ফেরিক আয়ন দ্বারা প্রভাবিত হয়।

**কাজের ধারা ঃ**

(১) একটি 250 mL কনিকেল ফ্লাস্কে পিপেট দ্বারা 25 mL ফেরাস লবণের দ্রবণ নিয়ে এতে 25 mL 1 M $H_2SO_4$ দ্রবণ যোগ করা হয়।

(২) এখন ব্যুরেট থেকে ফোঁটায় ফোঁটায় 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কের দ্রবণে যোগ করে এবং ফ্লাস্কটিকে অনবরত নেড়ে দ্রবণে $KMnO_4$ দ্রবণ সমভাবে মিশ্রিত করা হয়।

(৩) প্রথমে $KMnO_4$ দ্রবণের গোলাপী বর্ণ যোগ করার সাথে সাথে দূর হয়। বিক্রিয়ার শেষ বিন্দুতে অন্তত এক মিনিট স্থায়ী **হালকা গোলাপী** বর্ণ সৃষ্টি হলে টাইট্রেশন বন্ধ করা হয়। মনে করি, ব্যুরেট থেকে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তন হল X mL.

**গণনা ঃ** সমীকরণ মতে, 2 mol $KMnO_4 \equiv 10$ mol $Fe^{2+}$

$\therefore$ 1000 mL 2M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 10 \times 55.85$ g $Fe^{2+}$

1 mL আয়তনের 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{10 \times 55.85 \times 0.02}{1000 \times 2}$ g $Fe^{2+} \equiv 0.005585$ g $Fe^{2+}$

$\therefore$ X mL আয়তনের 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 0.005585 \times X$ g $Fe^{2+}$

এরূপে ফেরাস লবণে মোট $Fe^{2+}$ আয়নের পরিমাণ হিসাব করা যায়।

## ৫.৭। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা টাইট্রেশন বা অনুমাপন

**Titration with Potassium Dichromate**

**(ক) মূলনীতি ঃ** অম্লীয় মাধ্যমে $K_2Cr_2O_7$ একটি শক্তিশালী জারক। অম্লীয় মাধ্যমে জারকরূপে বিক্রিয়াকালে ডাইক্রোমেট ($Cr_2O_7^{2-}$) আয়ন $Cr^{3+}$ আয়নে বিজারিত হয়। এ বিজারণের অর্ধসমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

অম্লীয় মাধ্যমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের প্রমাণ বিজারণ বিভব 1.33 ভোল্ট। অপরদিকে অম্লীয় মাধ্যমে $KMnO_4$ এর প্রমাণ বিজারণ বিভব 1.52 ভোল্ট। সুতরাং $K_2Cr_2O_7$, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের মত শক্তিশালী জারক পদার্থ নয়। কিন্তু এটি ব্যবহারের **কতিপয় সুবিধা** আছে। যেমন ঃ

**সুবিধাসমূহ ঃ** (১) $K_2Cr_2O_7$ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এটি একটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

(২) রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ওজন করে সঠিকভাবে জ্ঞাত ঘনমাত্রার দ্রবণ বা প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা যায়।

(৩) এর জলীয় দ্রবণের ঘনমাত্রা বহুদিন অপরিবর্তিত থাকে।

(৪) আলোক দ্বারা বা জৈব যৌগ বা লঘু HCl দ্বারা ডাইক্রোমেট দ্রবণ সহজে বিজারিত হয় না।

**অসুবিধা ঃ** (১) $KMnO_4$ স্বনির্দেশক হিসেবে কাজ করলেও $K_2Cr_2O_7$ তা করে না। (২) এর দ্বারা টাইট্রেশনে তুল্যতা বিন্দু নির্ধারণে ডাইফিনাইলঅ্যামিন, ডাইফিনাইলবেনজিডিন, সোডিয়াম ডাইফিনাইলঅ্যামিন সালফোনেট

http://pdfcorner.com

ব্যবহার করা যায়। (৩) এ নির্দেশকের বেলায় ফসফরিক এসিড অবশ্যই যোগ করতে হয়। এ ফসফরিক এসিড ($H_3PO_4$) ফেরিক আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে একটি জটিল আয়ন $[Fe(HPO_4)]^+$ সৃষ্টি করে। ফলে তুল্যতা বিন্দুতে এর তীক্ষ্ণ বর্ণ পরিবর্তন ঘটে।

**(খ) প্রমাণ M/60 $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ প্রস্তুতকরণ ঃ** $K_2Cr_2O_7$ এর আণবিক ভর হল 294.21। সুতরাং 4.9035 g পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে একটি 1 লিটার আয়তনিক ফ্লাস্কে অল্প পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত করে এবং পরে পাতিত পানি দ্বারা এই দ্রবণকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত লঘু করে সঠিক M/60 দ্রবণ তৈরি করা যায়।

## ৫.৭.১। প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়

**Determination of Ferrous ion with Standard $KMnO_4$ solution**

**মূলনীতি ঃ** লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত ডাইক্রোমেট আয়নের সাথে ফেরাস আয়নের জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার অর্ধসমীকরণ দুটি নিম্নরূপ ঃ

$$6Fe^{2+} \rightarrow 6Fe^{3+} + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

যোগ করে, $6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

বা, $6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

6 মোল 1 মোল

**কাজের ধারা ঃ**

(১) পিপেট দ্বারা 25 mL ফেরাস লবণের দ্রবণ একটি 500 mL কনিকেল ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করে এতে 100 mL 5% $H_2SO_4$, 5 mL 85% ফসফরিক এসিড এবং 7–8 ফোঁটা ডাইফিনাইলঅ্যামিন নির্দেশক দ্রবণ যোগ করা হয়।

(২) এরপর ব্যুরেট থেকে প্রমাণ $\frac{M}{60}$ ডাইক্রোমেট দ্রবণ ধীরে ধীরে কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। বিক্রিয়ার শেষ বিন্দুর নিকটে দ্রবণে **নীলাভ সবুজ বা ধূসর নীল বর্ণের** সৃষ্টি হয়। এ সময়ে ডাইক্রোমেট দ্রবণ খুব ধীরে ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করা হয় যেন দুটি ফোঁটার মাঝখানে অন্তত কয়েক সেকেন্ড সময় থাকে।

(৩) বিক্রিয়ার শেষ বিন্দুতে দ্রবণের বর্ণ স্থায়ী গাঢ় **বেগুনি নীল** বা পার্পল (Purple) হয়। তখন টাইট্রেশন বন্ধ করা হয়। মনে করি, টাইট্রেশনে ব্যবহৃত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের আয়তন হল X mL।

**গণনা ঃ** সমীকরণ মতে, 1 মোল $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ মোল $Fe^{2+}$ আয়ন

$\therefore$ 1000 mL 1M $K_2Cr_2O_7 \equiv 6 \times 55.85$ g $Fe^{2+}$ আয়ন

$\therefore$ 1 mL আয়তনের M/60 $K_2Cr_2O_7 \equiv \frac{6 \times 55.85 \times 1}{1000 \times 60} \equiv 0.005585$ g $Fe^{2+}$

$\therefore$ X mL আয়তনের M/60 $K_2Cr_2O_7 \equiv 0.005585 \times X$g $Fe^{2+}$

# ৫.৮। আয়োডিনযুক্ত জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন ঃ আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি

## Redox Titration involving iodine— Iodimetry and Iodometry

**আয়োডিমিতি ঃ** সরাসরি প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণের সাহায্যে সোডিয়াম থায়োসালফেট, সালফাইট, আর্সেনাইট ইত্যাদি বিজারক পদার্থের টাইট্রেশন করার মাধ্যমে এদের পরিমাণ নির্ধারণ করার পদ্ধতিকে **আয়োডিমিতি** (iodimetry) বলা হয়। এক্ষেত্রে প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণকে ব্যুরেটে নেয়া হয়। এরূপ ক্ষেত্রে বিক্রিয়া নিম্নরূপে ঘটে।

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

সোডিয়াম থায়োসালফেট — সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট

http://pdfcorner.com

এদের মধ্যে সংঘটিত অর্ধবিক্রিয়া দুটি নিম্নরূপ ঃ

$$2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^-$$

$$I_2(aq) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$$

**আয়োডোমিতি ঃ** কোন জারক পদার্থের দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়নের সাথে আয়োডাইড লবণ (যেমন KI) এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়োডিনকে প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ নির্ধারণের পদ্ধতিকে **আয়োডোমিতি** (iodometry) বলা হয়।

এক্ষেত্রে প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণকে ব্যুরেটে নেয়া হয়। এ প্রক্রিয়ায় নির্ধারিত আয়োডিনের পরিমাণ থেকে ব্যবহৃত জারক পদার্থ যেমন $CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$ ইত্যাদির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যেমন,

**কাজের ধারা ঃ** নির্দিষ্ট পরিমাণ জারক পদার্থ (যেমন $CuSO_4$ এর $Cu^{2+}$ আয়ন) এর দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে এর মধ্যে অধিক পরিমাণ KI যোগ করলে উভয়ের বিক্রিয়ায় জারক পদার্থের তুল্য পরিমাণ আয়োডিন মুক্ত হয়। পরে মুক্ত আয়োডিনকে প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়। যেমন,

$$2CuSO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + \boxed{I_2} + 2K_2SO_4$$

$$2Na_2S_2O_3 + \boxed{I_2} \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

উপরের উভয় সমীকরণ থেকে সুস্পষ্ট যে,

বা, 2 mol $CuSO_4 \equiv 1$ mol $I_2 \equiv 2$ mol $Na_2S_2O_3$

বা, 1 mol $Na_2S_2O_3 \equiv 1$ mol $CuSO_4$

**আয়োডোমিতির মূলনীতি ও প্রয়োগ ঃ** প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ বিজারক। এ প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা মুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেশন করা হয় এবং বিজারক পদার্থের পরিমাণ থেকে প্রথমোক্ত জারক পদার্থ ($Cu^{2+}$) পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। যেমন উপরের উভয় বিক্রিয়া থেকে পাই–

**তুল্য মোল জারক = তুল্য মোল আয়োডিন = তুল্য মোল বিজারক।**

বা, 1 mol $Na_2S_2O_3 \equiv 1$ mol $Cu^{2+}$ ion = 63.5 g $Cu^{2+}$ ion

বা, 1000 mL 1M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ≡ 63.5 g $Cu^{2+}$ ion.

এক্ষেত্রে টাইট্রেশনে প্রাপ্ত প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের আয়তন থেকে $Cu^{2+}$ আয়নের নির্ণয় করার পদ্ধতি হল আয়োডোমিতির উদাহরণ।

## ৫.৮.১। 0.1 M সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রস্তুতকরণ

**Preparation of 0.1M sodium thiosulphate solution**

সোডিয়াম থায়োসালফেট, $Na_2S_2O_3.5H_2O$ অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এর আণবিক ভর 248; তবে এটি পানিত্যাগী। অর্থাৎ এটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়।

সোডিয়াম থায়োসালফেটের 0.1 M দ্রবণ তৈরি করার জন্য একটি 1 L পানিতে আয়তনমাত্রিক ফ্লাস্কে প্রায় 25 g সোডিয়াম থায়োসালফেটের দানা দ্রবীভূত করা হয়। এ দ্রবণকে পরে প্রমিতকরণ করা হয়।

**সাবধানতা ঃ** সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রস্তুতিতে নিম্নোক্ত সাবধানতা অবলম্বন করা উচিত।

(১) সদ্য ফুটানো পাতিত পানি দ্বারা $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ তৈরি করতে হয়।

(২) প্রতি লিটার দ্রবণে তিন ফোঁটা ক্লোরোফর্ম বা 10 mg $HgI_2$ যোগ করলে দ্রবণের স্থায়িত্ব বাড়ে।

(৩) আলো দ্বারা বিযোজন ত্বরান্বিত হয়। তাই দ্রবণকে গাঢ় নীলবর্ণের বোতলে রাখা ভাল।

http://pdfcorner.com

## ৫.৮.২। প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ প্রমিতকরণ

**Standardisation of 0.1 M $Na_2S_2O_3$ with standard $K_2Cr_2O_7$ solution**

**(ক) মূলনীতি ঃ** অতিরিক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড ও $H_2SO_4$ এসিডের দ্রবণে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করলে হালকা সবুজ ক্রোমিক লবণে বিজারিত হয় এবং সমতুল পরিমাণ আয়োডিন বিমুক্ত হয়। মুক্ত আয়োডিন দ্বারা থায়োসালফেটের জারণ ঘটে। এ জারণ–বিজারণের সুষম আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6I^-(aq) + 14H^+(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3I_2(aq) + 7H_2O(l)$$

$$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$$

∴ সমীকরণ মতে, 1 mol $K_2Cr_2O_7 \equiv 3$ mol $I_2 \equiv 6$ mol $Na_2S_2O_3$

**(খ) কাজের ধারা ঃ** (১) ছিপিযুক্ত একটি 500 mL কনিকেল ফ্লাস্কে 100 mL সদ্য ফুটানো ঠান্ডা পাতিত পানিতে 2 g সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও 3 g পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবীভূত করা হয়। এরপর আস্তে আস্তে দ্রবণে 3 mL গাঢ় $H_2SO_4$ এসিড যোগ করা হয়। শেষে পিপেটের সাহায্যে 25 mL প্রমাণ M/60 পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করা হয়। ফ্লাস্কের ভেতরের অংশ অল্প পানি দিয়ে ধুয়ে ফ্লাস্কের মুখ ঢেকে অন্ধকারে 5 মিনিট রেখে দেয়া হয়।

(২) পাঁচ মিনিট পরে ঢাকনাটিকে একটু পানি দিয়ে ধুয়ে নেয়া হয়। ব্যুরেট থেকে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করে টাইট্রেশন করা হয়। দ্রবণের বর্ণ হলুদাভ সবুজ হলে তাতে 2 mL স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হয়। দ্রবণের রং তখন **গাঢ় নীল বর্ণ** হয়। পরে ফোঁটায় ফোঁটায় থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়, যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণের বর্ণ **গাঢ় নীল থেকে হঠাৎ হাল্কা সবুজ** হয়। টাইট্রেশনের ফলাফল নিম্নরূপে তালিকাভুক্ত করা হয়।

| পর্যবেক্ষণ সংখ্যা | $K_2Cr_2O_7$ এর আয়তন (mL) | ব্যুরেটে থায়োসালফেট দ্রবণ | | | ব্যবহৃত থায়োসালফেট দ্রবণের গড় আয়তন (mL) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | প্রথম পাঠ (mL) | শেষ পাঠ (mL) | পার্থক্য (mL) | |
| 1 | 25 | ... | ... | ... | |
| 2 | 25 | | ... | ... | ... |
| 3 | 25 | ... | ... | ... | |

**(গ) সোডিয়াম থায়োসালফেটের মোলারিটি হিসাবকরণ ঃ**

মূলনীতির সমীকরণ মতে,

1 mol $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ mol $Na_2S_2O_3$

$$\frac{V_1M_1\,(K_2Cr_2O_7)}{V_2M_2\,(Na_2S_2O_3)} = \frac{1}{6}$$

$$\therefore 6V_1M_1 = V_2M_2$$

$$\therefore M_2 = \frac{6V_1M_1}{V_2}$$

এখানে,

$V_1 = K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের আয়তন = 25 mL

$M_1 = K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের মোলারিটি,

$V_2 = Na_2S_2O_3$ দ্রবণের আয়তন,

$M_2 = Na_2S_2O_3$ দ্রবণের মোলারিটি।

http://pdfcorner.com

## ৫.৮.৩। প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা কপার আয়নের পরিমাণ নির্ণয়

**Determination of amount of copper ion with standard $Na_2S_2O_3$ solution**

**(ক) মূলনীতি ঃ** কিউপ্রিক আয়ন জারকরূপে বিজারক আয়োডাইড আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে মুক্ত আয়োডিন তৈরি করে। $2Cu^{2+}(aq) + 4I^-(aq) \rightarrow Cu_2I_2(s) + I_2(aq)$

উপরিউক্ত আয়নিক বিক্রিয়াটিকে পূর্ণ বিক্রিয়া হিসেবে নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$2CuSO_4(aq) + 4KI(aq) \rightarrow Cu_2I_2(s) + 2K_2SO_4(aq) + \boxed{I_2(aq)} \quad \ldots \quad (1)$$

মুক্ত আয়োডিনকে প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে আয়োডিনের পরিমাণ নির্ণয়ের মাধ্যমে কপার আয়নের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

$$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

বা, $2Na_2S_2O_3(aq) + \boxed{I_2(aq)} \rightarrow 2NaI(aq) + Na_2S_4O_6(aq)$ (2)

**(খ) কাজের ধারা ঃ** (১) একটি 250 mL **আয়তনিক ফ্লাস্কে** প্রদত্ত $CuSO_4$ নমুনা দ্রবণ নিয়ে তাতে পাতিত পানি যোগ করে দ্রবণের আয়তন ফ্লাস্কের নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত করা হয়। দ্রবণটিকে ভালভাবে ঝাঁকানো হয়।

(২) পিপেটের সাহায্যে এ দ্রবণের 25 mL পরিমাণ একটি 250 mL **কনিকেল ফ্লাস্কে** নিয়ে তাতে ফোঁটায় ফোঁটায় $Na_2CO_3$ দ্রবণ আলোড়নসহ যোগ করা হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণে অল্প পরিমাণ স্থায়ী অধঃক্ষেপ $Cu(OH)_2$ সৃষ্টি হয়। ফোঁটায় ফোঁটায় গ্লাসিয়াল অ্যাসিটিক এসিড যোগ করে অধঃক্ষেপকে দ্রবীভূত করা হয়। পরে তাতে 1 g KI ( অথবা, 10 mL 10% KI দ্রবণ ) যোগ করে এবং ফ্লাস্কটিকে ঝাঁকিয়ে একটি ওয়াচ গ্লাস দ্বারা ঢেকে অন্ধকারে দু'মিনিট রেখে দেয়া হয়।

(৩) এরপর ওয়াচ গ্লাসটি পাতিত পানি দ্বারা ধুয়ে ধৌত অংশ ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। ব্যুরেট থেকে প্রমাণ 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ করে দ্রবণের বর্ণ **হাল্কা বাদামি** হলে তাতে 2 mL স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হয়। দ্রবণের বর্ণ সাথে সাথে **গাঢ় নীল বর্ণের** হয়। ফোঁটায় ফোঁটায় $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের নীল বর্ণ হাল্কা হয়।

(৪) এরপর মিশ্রণে 1 g পটাসিয়াম বা অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট (KSCN বা, $NH_4SCN$) অথবা তাদের 10% দ্রবণ যোগ করে শেষে ফোঁটায় ফোঁটায় থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করলে **নীলবর্ণ দূরীভূত হয়ে খড়ের বর্ণ হলে টাইট্রেশন** বন্ধ করা হয়। মনে করি, টাইট্রেশনে ব্যবহৃত $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের আয়তন হল X mL।

**(গ) গণনা ঃ** মূলনীতির (1) নং ও (2) নং রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে,

$2CuSO_4 \equiv I_2 \equiv 2Na_2S_2O_3$

বা, $2Cu^{2+} \equiv I_2 \equiv 2Na_2S_2O_3$

বা, 1 mol $Na_2S_2O_3 \equiv$ 1 mol $Cu^{2+}$ আয়ন

বা, 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv$ 63.54 g $Cu^{2+}$ আয়ন

বা, 1 mL আয়তনের 1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv$ 0.06354 g $Cu^{2+}$

$\therefore$ X mL আয়তনের 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 0.06354 \times 0.1 \times X$g $Cu^{2+}$

## ৫.৯। জারণ–বিজারণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা

**Chemical Calculation based on Oxidation and Reduction**

**গণনার ধাপসমূহ ঃ** (১) প্রথমে জারণ–বিজারণের সমতাযুক্ত সমীকরণ লিখতে হয়। (২) শেষে জারক ও বিজারকের মোল সংখ্যার মধ্যে তুল্যতা সম্পর্ক লিখতে হয়। (৩) সবশেষে প্রশ্নমতে ভরভিত্তিক গণনা অথবা দ্রবণ হলে আয়তন ও মোলার ঘনমাত্রাভিত্তিক সম্পর্ক ব্যবহার করতে হয়। নিচের উদাহরণগুলো থেকে তা সহজে বোঝা যাবে।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১। 5 g অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হবে?**

**সমাধান ঃ** ফেরাস লবণকে অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা জারিত করার বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

অর্থাৎ $6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

$\therefore$ 6 mol $FeSO_4 \equiv 1$ mol $K_2Cr_2O_7$

আবার $FeSO_4$ এর আণবিক ভর = (55.85 + 32 + 64) = 151.85

$K_2Cr_2O_7$ এর আণবিক ভর = (39.1 × 2 + 52 × 2 + 16 × 7) = 294.2

$\therefore$ সমীকরণ মতে, $6 \times 151.85$ g $FeSO_4 \equiv 294.2$ g $K_2Cr_2O_7$

$$\therefore \text{ 1 g পরিমাণ } FeSO_4 \equiv \frac{294.2}{6 \times 151.85} \text{ g } K_2Cr_2O_7$$

$$\therefore \text{ 5 g পরিমাণ } FeSO_4 \equiv \frac{294.2 \times 5}{6 \times 151.85} \text{ g } K_2Cr_2O_7$$

$$\equiv 1.6145 \text{ g } K_2Cr_2O_7$$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ২। এক টুকরা লোহার তারকে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 0.03 M $KMnO_4$ দ্রবণের 27.5 mL প্রয়োজন হয়। লোহার তারটির ভর কত?** [রা. বো. ২০০২, ২০০৪]

**সমাধান ঃ** লোহার তারকে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করলে $FeSO_4$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Fe\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow FeSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$$

ফেরাস লবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$MnO_4^- + 5\ Fe^{2+} + 8H^+ \longrightarrow 5\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, 1 mol $MnO_4^-$ আয়ন $\equiv$ 5 mol $Fe^{2+}$ আয়ন

বা, 1 mol $KMnO_4 \equiv$ 5 mol Fe

$\therefore$ 1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$ g Fe

$$\therefore \text{ 27.5 mL 0.03 M } KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{5 \times 55.85 \times 27.5 \times 0.03}{1000} \text{ g Fe} \equiv 0.2304 \text{ g Fe (প্রায়)}$$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ২ (ক)। 0.36 g ভরের এক টুকরা অবিশুদ্ধ লোহাকে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে 0.025 M $KMnO_4$ দ্রবণের 48.5 mL প্রয়োজন হয়। লোহার টুকরাটিতে ভেজাল পদার্থের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪; দি. বো. ২০১১]

**সমাধান ঃ** লোহাকে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করলে $FeSO_4$ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। $FeSO_4$ দ্রবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

সমীকরণ মতে, 1 mol $KMnO_4 \equiv$ 5 mol Fe

বা, 1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$g Fe

$$\therefore \text{ 48.5 mL 0.025 M } KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{5 \times 55.85 \times 48.5 \times 0.025 \text{ g Fe}}{1000}$$

$$\equiv 0.3386 \text{ g Fe (প্রায়)।}$$

$\therefore$ প্রদত্ত অবিশুদ্ধ লোহার টুকরায় ভেজাল আছে = (0.36 – 0.3386) g = 0.0214g

প্রশ্নমতে, 0.36g অবিশুদ্ধ লোহাতে ভেজাল আছে = 0.0214 g

$$\therefore \text{ 100 g অবিশুদ্ধ ঐ লোহাতে ভেজাল আছে} = \frac{0.0214 \times 100}{0.36} \text{ g} = 5.94 \text{ g}$$

**উত্তর ঃ** ভেজাল পদার্থের পরিমাণ = 5.94% প্রায়।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৩। ফেরিক সালফেট ভেজাল মিশ্রিত 2 g আর্দ্র ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) কে অম্লীয় মাধ্যমে জারিত করতে 6 mL আয়তনের 0.02 মোলার $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত ফেরাস লবণে প্রকৃত ফেরাস সালফেটের পরিমাণ নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** ফেরাস লবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, 1 mol $MnO_4^-$ আয়ন ≡ 5 mol $Fe^{2+}$ আয়ন

বা, 1 mol $KMnO_4$ ≡ 5 mol $FeSO_4.7H_2O$

∴ 1000 mL আয়তনের 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 5 mol $FeSO_4.7H_2O$

∴ 6 mL আয়তনের 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ $\frac{5 \times 6 \times 0.02}{1000}$ mol $FeSO_4.7H_2O$

≡ 0.0006 mol $FeSO_4.7H_2O$

আবার $FeSO_4.7H_2O$ এর সংকেত ভর = $(55.85 + 32 + 64 + 7 \times 18)$

$= (151.85 + 126) = 277.85$

সুতরাং 0.0006 mol $FeSO_4.7H_2O$ = $0.0006 \times 277.85$ g $FeSO_4.7H_2O$

= 0.16671 g $FeSO_4.7H_2O$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ৪। লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত 19.8 mL আয়তনের 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25 mL আয়তনের কোন আয়রন (II) সালফেট দ্রবণকে পূর্ণভাবে জারিত করা যায়। ঐ আয়রন (II) সালফেট দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** আয়রন (II) সালফেটকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$MnO_4^- + 5\,Fe^{2+} + 8H^+ \rightarrow 5\,Fe^{3+} + Mn^{2+}\,4H_2O$$

সমীকরণ মতে, 1 mol $MnO_4^-$ আয়ন দ্বারা 5 mol $Fe^{2+}$ আয়ন জারিত হয়।

∴ 1 mol $KMnO_4$ ≡ 5 mol $FeSO_4$। যেহেতু উভয় বিক্রিয়ক দ্রবণে আছে।

∴ $\frac{V_1 \times M_1\,(KMnO_4)}{V_2 \times M_2\,(FeSO_4)} = \frac{1\text{ mol}}{5\text{ mol}}$

বা, $5 \times V_1 \times M_1 = 1 \times V_2 \times M_2$

বা, $5 \times 19.8 \times 0.02 = 25 \times M_2$

বা, $M_2 = \frac{5 \times 19.8 \times 0.02}{25} = 0.0792$ M

প্রশ্নমতে,

$KMnO_4$ এর আয়তন, $V_1 = 19.8$ mL

$KMnO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 0.02$ M

$FeSO_4$ এর আয়তন, $V_2 = 25$ mL

$FeSO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_2 = ?$

**উত্তর ঃ** পরীক্ষাধীন $FeSO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা = 0.0792 $molL^{-1}$ বা, 0.0792 M

**উদাহরণ ৫। লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত 15 mL আয়তনের 0.3 M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25 mL আয়তনের হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের কোন নমুনাকে জারিত করা যায়। ঐ নমুনায় $H_2O_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।** [কু. বো. ২০০১; সি. বো. ২০০২; চ. বো. ২০০৩; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৮]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, বিজারক হল পারঅক্সাইড আয়ন ($O_2^{2-}$) এবং জারক হল অম্লীয় পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ($MnO_4^-$)। তাদের মধ্যে জারণ–বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$O_2^{2-} \rightarrow O_2 + 2e^- \quad \ldots \times 5$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \ldots \times 2$$

যোগ করে, $2MnO_4^- + 16H^+ + 5O_2^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$

বা, $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O$



http://pdfcorner.com

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, $2 \text{ mol } KMnO_4 \equiv 5 \text{ mol } H_2O_2$

$$\therefore \frac{V_1 \times M_1 \ (KMnO_4 \text{ দ্রবণ})}{V_2 \times M_2 \ (H_2O_2 \text{ দ্রবণ})} = \frac{2 \text{ mol } KMnO_4}{5 \text{ mol } H_2O_2}$$

বা, $\frac{15 \times 0.3}{25 \times M_2} = \frac{2}{5}$

প্রশ্নমতে,
$KMnO_4$ এর আয়তন, $V_1 = 15$ mL
$KMnO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 0.3$ M
$H_2O_2$ এর আয়তন, $V_2 = 25$ mL
$H_2O_2$ এর ঘনমাত্রা, $M_2 = ?$

$$\therefore M_2 = \frac{15 \times 0.3 \times 5}{25 \times 2} = 0.45$$

$\therefore H_2O_2$ দ্রবণের ঘনমাত্রা হল $0.45 \text{ molL}^{-1}$ বা, 0.45 M **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৬। $H_2O_2$ এর কোন নমুনা দ্রবণের 25 mL পরিমাণকে টাইট্রেশন করতে 10 mL 0.1 M সোডিয়াম থায়োসালফেট প্রয়োজন হয়। ঐ $H_2O_2$ দ্রবণের মধ্যে প্রকৃত $H_2O_2$ এর ভর নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** $H_2O_2$ এর পরিমাণ নির্ণয় আয়োডোমেট্রিক পদ্ধতিতে করা হয়। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2I^- \longrightarrow I_2 + 2H_2O$$
$$2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

$\therefore 2Na_2S_2O_3 \equiv I_2 \equiv H_2O_2$

$\therefore$ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv$ 1 mol $H_2O_2 \equiv$ 34 g $H_2O_2$

$\therefore$ 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv$ 17 g $H_2O_2$

$\therefore$ প্রদত্ত 10 mL 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv \frac{17 \times 0.1 \times 10}{1000}$ g $H_2O_2 \equiv 0.017$ g $H_2O_2$ **(উত্তর)**।

**উদাহরণ ৭। 1.5 g লৌহ আকরিককে লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে 100 mL করা হল। ঐ দ্রবণের 25 mL-কে টাইট্রেশন করতে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণের 22.5 mL প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe(II) এর পরিমাণ কত?** [ঢা. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৬]

**সমাধান ঃ** লৌহ আকরিক ও লঘু $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ায় $FeSO_4$ উৎপন্ন হয় $Fe^{2+}$ আয়ন ও অম্লীয় $MnO_4^-$ এর জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^- \ \ldots \times 5$$
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

যোগ করে, $\underset{5 \text{ mol}}{5Fe^{2+}} + \underset{1 \text{ mol}}{MnO_4^-} + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

সমীকরণ মতে, $1 \text{ mol } KMnO_4 \equiv 5 \text{ mol } Fe^{2+}$

বা, 1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$ g $Fe^{2+}$

$$\therefore \text{ 22.5 mL 0.02 M } KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{5 \times 55.85 \times 22.5 \times 0.02}{1000 \times 1} \text{ g } Fe^{2+}$$
$$\equiv 0.1256625 \text{ g } Fe^{2+}$$

প্রশ্নমতে, 25 mL প্রস্তুত দ্রবণে Fe(II) আয়ন আছে 0.1256625 g

$$\therefore \text{ 100 mL প্রস্তুত দ্রবণে Fe(II) আয়ন আছে } \frac{0.1256625 \times 100}{25} = 0.50265 \text{ g}$$

**উত্তর ঃ** 0.50265 g Fe(II) আয়ন।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৮। 0.41 g চুনাপাথর থেকে $CaC_2O_4$ অধঃক্ষিপ্ত করা হল। সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপ আলাদা করে পরে ভালভাবে ধৌত করে $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করা হল। $CaC_2O_4$ এর এ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 35 mL 0.04 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ঐ চুনাপাথরে CaO এর শতকরা পরিমাণ হিসাব কর।** [ঢা. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ নিম্নরূপ ঃ

$$CaCO_3\,(s) + H_2C_2O_4\,(aq) \longrightarrow CaC_2O_4\,(s) + CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \quad (1)$$

1 mol অক্সালিক এসিড 1 mol

$$CaC_2O_4\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow H_2C_2O_4\,(aq) + CaSO_4\,(s) \quad (2)$$

1 mol 1 mol

$$2\,KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O \ldots \quad (3)$$

2 mol 5 mol

সমীকরণ (1), (2) ও (3) এর পারস্পরিক সম্পর্ক মতে পাই–

$$1\text{ mol } CaCO_3 \equiv 1\text{ mol } CaC_2O_4 = 1\text{ mol } H_2C_2O_4 \equiv \frac{2}{5}\text{ mol } KMnO_4$$

বা, $5\text{ mol } CaCO_3 \equiv 5\text{ mol } CaC_2O_4 \equiv 5\text{ mol } H_2C_2O_4 \equiv 2\text{ mol } KMnO_4$

$\therefore\ 2\text{ mol } KMnO_4 \equiv 5\text{ mol } CaCO_3$

বা, 1000 mL 2M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times (40 + 12 + 16 \times 3)$ g $CaCO_3$

$$\therefore\ 35\text{ mL } 0.04\text{M } KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{5 \times 100 \times 35 \times 0.04}{1000 \times 2}\text{ g } CaCO_3$$

$$\equiv 0.35\text{ g } CaCO_3$$

আবার, $CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$

100g 56g

সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে 56 g CaO উৎপন্ন হয়।

$$\therefore\ 0.35\text{g } CaCO_3 \text{ থেকে } \frac{56 \times 0.35}{100}\text{ g CaO উৎপন্ন হয়।}$$

$$= 0.196\text{ g CaO}$$

প্রদত্ত 0.41 g চুনাপাথরে CaO আছে 0.196 g

$$\therefore\ 100\text{ g চুনাপাথরে CaO আছে} = \frac{0.196 \times 100}{0.41}\text{ g}$$

$$= 47.8\text{ g (প্রায়)।}$$

**উত্তর ঃ** 47.8% CaO

**উদাহরণ ৯। 50 mL $CuSO_4$ দ্রবণে অতিরিক্ত KI যোগ করে বিমুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেশন করতে 0.15 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের 35 mL প্রয়োজন হলে উক্ত কপার সালফেট দ্রবণে $Cu^{2+}$ আয়নের পরিমাণ নির্ণয় কর।** [সি. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$2\,Cu^{2+}\,(aq) + 4I^-\,(aq) \longrightarrow Cu_2I_2\,(s) + \boxed{I_2\,(aq)} \quad \ldots \quad (1)$$

$$2\,S_2O_3^{2-}\,(aq) + \boxed{I_2\,(aq)} \longrightarrow S_4O_6^{2-}\,(aq) + 2I^-\,(aq) \quad \ldots \quad (2)$$

সমীকরণ (1) ও (2) থেকে আমরা পাই, $2\,Na_2S_2O_3 \equiv I_2 \equiv 2\,Cu^{2+}$ আয়ন।

$\therefore$ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 2 \times 63.54$ g $Cu^{2+}$ আয়ন

$$\therefore\ 35\text{ mL } 0.15\text{ M } Na_2S_2O_3 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{2 \times 63.54 \times 35 \times 0.15}{1000 \times 2}\text{ g } Cu^{2+} \text{ আয়ন}$$

$$\equiv 0.333585\text{ g } Cu^{2+} \text{ আয়ন}$$

**উত্তর ঃ** প্রদত্ত দ্রবণে $Cu^{2+}$ আয়নের পরিমাণ 0.3336 g (প্রায়)।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১০। একটি 2.5 g ভরের কপার কয়েনকে মধ্যম গাঢ় $HNO_3$ এসিডে দ্রবীভূত এবং দ্রবণকে উত্তপ্ত করে নাইট্রোজেনের অক্সাইড মুক্ত করা হয়। ঐ দ্রবণে পানি যোগ করে 250 mL করা হয়। শেষে 25 mL কপার আয়ন ($Cu^{2+}$) এর ঐ দ্রবণে KI দ্রবণ অধিক পরিমাণে যোগ করা হয়। এরপর মুক্ত আয়োডিনকে 30 mL 0.1M $Na_2S_2O_2$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়। ঐ 25 mL কপার আয়নের দ্রবণ দ্বারা কত মোল $I_2$ মুক্ত হয়েছে, কত মোল $Na_2S_2O_3$ বিক্রিয়ায় অংশ নিয়েছে এবং কপার কয়েনটিতে কত গ্রাম কপার আছে তা গণনা কর।**

**সমাধান ঃ** আয়োডোমিতির জারক, মুক্ত আয়োডিন ও ব্যবহৃত বিজারকের মোলার আনুপাতিক সম্পর্ক মতে,

$2 \text{ mol } CuSO_4 \equiv 1 \text{ mol } I_2 \equiv 2 \text{ mol } Na_2S_2O_3$

**(i) মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ নির্ণয় ঃ** উপরের সম্পর্ক মতে,

$2 \text{ mol } Na_2S_2O_3 \equiv 1 \text{ mol } I_2$

বা, $1000 \text{ mL } 2M\ Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 1 \text{ mol } I_2$

$\therefore$ $30 \text{ mL } 0.1M\ Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv \frac{1 \times 30 \times 0.1}{1000 \times 2} \text{ mol } I_2 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2$

**(ii) বিক্রিয়ায় অংশ নেওয়া $Na_2S_2O_3$ এর মোল সংখ্যা নির্ণয় ঃ**

$1000 \text{ mL } 2M\ Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 2 \text{ mol } Na_2S_2O_3$

$\therefore$ $30 \text{ mL } 0.1M\ Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv \frac{2 \times 30 \times 0.1}{1000 \times 2} \text{ mol } Na_2S_2O_3$

$\equiv 3 \times 10^{-3} \text{ mol } Na_2S_2O_3$

**(iii) কপার কয়েনটিতে বিশুদ্ধ কপারের পরিমাণ নির্ণয় ঃ** উপরের তুল্যমোল জারক ও তুল্যমোল মুক্ত আয়োডিনের সম্পর্ক মতে,

$1 \text{ mol } I_2 = 2 \text{ mol } Cu^{2+} = 2 \times 63.5 \text{ g Cu}$

$\therefore$ $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2 = 2 \times 63.5 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ g Cu} = 1.905 \times 10^{-1} \text{ g Cu}$

উদ্দীপক মতে, 25 mL $Cu^{2+}$ আয়নের দ্রবণে $1.905 \times 10^{-1}$ g Cu আছে।

$\therefore$ 250 mL $Cu^{2+}$ আয়নের দ্রবণে Cu আছে $= \frac{1.905 \times 250 \times 10^{-1}}{25} \text{ g Cu}$

$= 1.905 \text{ g Cu}$

**উত্তর ঃ** মুক্ত $I_2 = 1.5 \times 10^{-3}$ mol, $Na_2S_2O_3$ ব্যবহৃত $= 3 \times 10^{-3}$ mol এবং Cu কয়েনের ভর $= 1.905$ g

**উদাহরণ ১১। কপার ও টিন (Sn) এর সংকর ধাতু ব্রোঞ্জে টিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য ব্রোঞ্জের 15 g সূক্ষ্ম গুড়াকে লঘু $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করে সমস্ত টিনকে $SnSO_4$ দ্রবণে পরিণত করা হল। লঘু $H_2SO_4$ এসিডে বিক্রিয়াবিহীন কপার গড়াকে ছেঁড়ে প্রাপ্ত দ্রবণকে পানি মিশিয়ে 250 mL করা হল। এ দ্রবণের 20 mL কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করতে 25 mL $KMnO_4$ দ্রবণ দরকার হল। ব্রোঞ্জে টিনের শতকরা পরিমাণ গণনা কর। [Sn এর পাঃ ভর = 118.71]**

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, টাইট্রেশনে সংঘটিত রিডক্স বিক্রিয়াটি হল নিম্নরূপ ঃ

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^- \quad \ldots \times 5$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \ldots \times 2$$

যোগ করে, $5Sn^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

5 mol 2 mol

সমীকরণ মতে, $2 \text{ mol } KMnO_4 \equiv 5 \text{ mol } Sn^{2+}$

বা, $1000 \text{ mL } 2M\ KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 118.71 \text{ g } Sn^{2+}$ [$\because$ Sn এর পাঃ ভর = 118.71]

$\therefore$ $25 \text{ mL } 0.02M\ KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 118.71 \times 25 \times 0.02}{1000 \times 2} \text{ g } Sn^{2+} = 0.1483875 \text{ g } Sn^{2+}$

প্রশ্নমতে, 20 mL $SnSO_4$ দ্রবণে $Sn^{2+}$ আছে $= 0.1483875$ g

$\therefore$ 250 mL $SnSO_4$ দ্রবণে $Sn^{2+}$ আছে $= \frac{0.1483875 \times 250}{20}$ g $= 1.8548$ g

প্রশ্নমতে, 15 g ব্রোঞ্জে টিন আছে $= 1.8548$ g

$\therefore$ 100 g ব্রোঞ্জে টিন আছে $= \frac{1.8548 \times 100}{15}$ g $= 12.3653$ g

**উত্তর ঃ** ব্রোঞ্জে টিনের পরিমাণ $= 12.3653\%$

http://pdfcorner.com

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **জারণ বিক্রিয়ার পুরাতন সংজ্ঞা ঃ** জারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যাতে অক্সিজেন বা অন্যান্য ইলেকট্রোনেগেটিভ মৌল বা অম্লীয় মূলক অন্য মৌল বা যৌগের সাথে সংযোজিত হয় বা যাতে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন ইলেকট্রোপজিটিভ মৌল বা মূলক যৌগ হতে অপসারিত হয়।

✪ **বিজারণ বিক্রিয়ার পুরাতন সংজ্ঞা ঃ** বিজারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যাতে হাইড্রোজেন বা অন্যান্য ইলেকট্রোপজিটিভ মৌল বা মূলক অন্য মৌল বা যৌগের সাথে সংযুক্ত হয় অথবা অক্সিজেন বা অন্যান্য ইলেকট্রোনেগেটিভ মৌল বা মূলক অপসারিত হয়।

✪ **জারক ঃ** যে সব মৌল, যৌগ বা আয়ন অন্যান্য যৌগ, মৌল বা আয়নকে জারিত করে, তাদেরকে জারক বলা হয়।

✪ **বিজারক ঃ** যে সব মৌল, যৌগ বা আয়ন অন্যান্য যৌগ, মৌল বা আয়নকে বিজারিত করে, তাদেরকে বিজারক বলা হয়।

✪ **জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় বা আধুনিক সংজ্ঞা ঃ** জারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক ক্রিয়া, যেখানে কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করে। বিজারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক ক্রিয়া, যেখানে কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

✪ **জারক ও বিজারকের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা ঃ** যে সব মৌল, যৌগ বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তারা হচ্ছে জারক। যে সব মৌল, যৌগ বা আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করে, তারা হচ্ছে বিজারক।

✪ **জারণ ও বিজারণ একত্রে ঘটে ঃ** সব ক্ষেত্রে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া একই সাথে চলে। প্রকৃতপক্ষে জারণ ও বিজারণ উভয়ে অর্ধবিক্রিয়া; এ দুটি অর্ধবিক্রিয়া একত্রে সংঘটিত হয়ে পূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়। এ সময় জারক বিজারিত হয় এবং বিজারক জারিত হয়।

✪ **জারণ সংখ্যা ঃ** কোন যৌগে একটি মৌল যে পরিমাণ জারিত অবস্থায় আছে, তাকে সে যৌগে সে মৌলের জারণ সংখ্যা বলা হয়। আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে কোন যৌগে একটি মৌলের পরমাণু থেকে যে সংখ্যক ইলেকট্রন অপসারিত হয়েছে, সে যৌগে সে মৌলের জারণসংখ্যা তত ধনাত্মক মান হয়। অপরদিকে কোন যৌগে কোন একটি মৌলের পরমাণু যে সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে, সে যৌগে সে মৌলের জারণ সংখ্যা তত ঋণাত্মক মান হয়।

✪ **আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতি দ্বারা জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা বিধান ঃ** এটি আধুনিক ও বিজ্ঞানসম্মত পদ্ধতি। এ পদ্ধতি অনুসারে পরমাণু, অণু বা আয়ন কর্তৃক ইলেকট্রন বর্জন ও গ্রহণ দুটি পৃথক সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়; এদেরকে যথাক্রমে জারণ অর্ধ–বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া বলা হয়। এ দুটি সমীকরণকে উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করতে হয়, যেন উভয় সমীকরণে ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান হয়। অবশেষে সমীকরণ দুটি যোগ করে সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ পাওয়া যায়।

http://pdfcorner.com

# অনুশীলনী–৫ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

## ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন
## বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া সম্পর্কে পুরাতন মতবাদ আলোচনা কর।

২। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণের সংজ্ঞা দাও এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০০৬, ২০১০; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮; ব. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৭, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

৩। (ক) "জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া সর্বদা একই সাথে ঘটে"—উদাহরণসহ উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।
[কু. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৬, ২০১০]
(খ) রিডক্স বিক্রিয়া কী? ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে দেখাও যে, রিডক্স বিক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।
[সি. বো. ২০১০]

৪। জারক ও বিজারকের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব আলোচনা কর।

৫। জারণ সংখ্যা কী? কোন যৌগে কোন মৌলের জারণ সংখ্যা কীভাবে নির্ণয় করা হয় উদাহরণসহ বোঝাও।

৬। (ক) জারণ সংখ্যা কী? জারণ সংখ্যার ব্যবহারসমূহ কী কী?
(খ) জারণ সংখ্যার ২টি ব্যবহার উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

৭। (ক) জারক ও বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন দ্বারা কীভাবে বিক্রিয়ায় এদের মোলের অনুপাত বের করা যায়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতাকরণের নিয়মাবলি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

৮। (ক) অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে ফেরাস লবণের বিক্রিয়ায় কী ঘটে অর্ধবিক্রিয়াসহ তা লেখ।
(খ) অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে ফেরিক ক্লোরাইড ও স্টেনাস ক্লোরাইডের বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

৯। (ক) জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনের বা আয়তনিক বিশ্লেষণের মূলনীতি উদাহরণসহ লেখ।
(খ) $KMnO_4$ দ্বারা জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন বা অনুমাপনের মূলনীতি আলোচনা কর।
(গ) $KMnO_4$ দ্রবণের প্রমিতকরণের মূলনীতি ও কার্যবিবরণী আলোচনা কর।
(ঘ) জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনে জারকরূপে $KMnO_4$ ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

১০। প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি ও কার্য পদ্ধতির বিবরণ দাও।
[ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯]

১১। (ক) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা টাইট্রেশন বা অনুমাপনের মূলনীতি আলোচনা কর।
(খ) জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

১২। প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি ও কার্যবিবরণীর বর্ণনা দাও।

১৩। (ক) আয়োডোমিতি ও আয়োডিমিতি বলতে কী বোঝায়? [কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৬, ২০১০; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১১]
(খ) আয়োডোমিতির মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।

http://pdfcorner.com

১৪। আয়োডোমাত্রিক টাইট্রেশনে সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে সাধারণত কী নির্দেশক ব্যবহৃত হয়? এতে কী কী সতর্কতা অবলম্বন প্রয়োজন?

১৫। প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রমিতকরণের মূলনীতি আলোচনা কর।

১৬। প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা কপার আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি ও কার্যবিবরণী বর্ণনা কর।

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) জারণ–সংখ্যা বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯, ২০১১]

(খ) জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০০৯; সি. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৯, ২০১১]

২। "জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে।"—ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮; ব. বো. ২০১১]

৩। (ক) জারক কী? দুটি জারণধর্মী যৌগের নাম ও সংকেত লেখ।

(খ) বিজারক কী? দুটি বিজারণধর্মী যৌগের নাম ও সংকেত লেখ।

(গ) $Fe^{2+}$ আয়ন জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৬]

(ঘ) বিজারক কী? দেখা ও যে, $Sn^{2+}$ আয়ন বিজারকরূপে ক্রিয়া করে।

(ঙ) $Sn^{2+}$ আয়ন ও $Sn^{4+}$ আয়ন–এর মধ্যে কোনটি জারক সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০]

৪। (ক) অক্সালিক এসিড একটি বিজারক; তা অর্ধবিক্রিয়া দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

(খ) $KMnO_4$ একটি জারক; তা অর্ধবিক্রিয়া দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

৫। (ক) নিচের যৌগসমূহে সালফারের জারণ–সংখ্যা নির্ণয় কর ঃ

(i) $SO_2$, (ii) $H_2SO_4$, [ব. বো. ২০০১; কু. বো. ২০০২] (iii) $Na_2S_2O_3$

(খ) নিচের যৌগসমূহে অক্সিজেনের জারণ–অবস্থা নির্ণয় কর ঃ

(i) $OF_2$, (ii) $Na_2O_2$

(গ) $[Fe(CN)_6]^{3-}$ এবং $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নদ্বয়ে Fe ও Cu এর জারণ সংখ্যা হিসাব কর। [কু. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৮]

(ঘ) $K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$ এবং $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর জারণ অবস্থা বের কর। [ঢা. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯]

(ঙ) জারণ সংখ্যা কী? নিম্নোক্ত যৌগে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ–অবস্থা নির্ণয় কর।

(i) $KMnO_4$ [চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৬]

(ii) $K_2MnO_4$ [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৬]

(iii) $K_2Cr_2O_7$ [য. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৬, ২০০৮; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৮]

(iv) $Cr_2O_7^{2-}$ [কু. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১০]

(v) $K_2CrO_4$

(vi) $KClO_3$

(vii) $HClO_4$ [কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৭]

(viii) $H_3PO_4$

(ix) $H_3PO_3$ [রা. বো. ২০০৬]

(x) $H_2SO_4$ [রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮]

(xi) $Na_2S_2O_3$ [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৬]

(xii) $Na_2S_4O_6$ [সি. বো. ২০১০]

(xiii) $H_2SO_3$ [ঢা. বো. ২০০৫]

(xiv) $FeCl_3$ [ব. বো. ২০০৬]

http://pdfcorner.com

৬। নিম্নোক্ত যৌগে কার্বনের যোজনী ও জারণ সংখ্যা কত?

(ক) (i) $CH_4$, (ii) $C_2H_6$, (iii) $CHCl_3$, (iv) $CH_2Cl_2$

(খ) (i) $C_2H_4$, (ii) $CCl_4$, (iii) $C_6H_6$, (iv) $C_2H_4O_2$

[ উঃ (ক) (i) –4, (ii) –3, (iii) +2, (iv) 0 (শূন্য), যোজনী 4 প্রতি ক্ষেত্রে

(খ) (i) –2, (ii) +4, (iii) –1, (iv) 0 (শূন্য), যোজনী 4 প্রতি ক্ষেত্রে ]

৭। (ক) জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।[য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০১১]

(খ) দর্শক আয়ন কী? সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

৮। নিম্নলিখিত জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতি বা অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করে লেখ ঃ

(ক) $6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$ [য. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮]

(খ) $Cr_2O_7^{2-}(aq) + H^+(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + H_2O(l) + ?$ [ঢা. বো. ২০১০]

(গ) $2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$ [কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

(ঘ) $2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$; [ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১]

(ঙ) $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2S \rightarrow ?$

(চ) $2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$ [রা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬]

(ছ) সমীকরণটি পূর্ণ কর ঃ $S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow ? + I^-$ [য. বো. ২০০৭]

(জ) $2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow Cu_2I_2 + I_2$

(ঝ) লঘু $H_2SO_4$ যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সাথে KI এর বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। [কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭, ২০১০; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৬, ২০০৯]

৯। নিম্নলিখিত সমীকরণে নিম্নরেখ যৌগসমূহ জারিত–বিজারিত হয়েছে কীনা তা যুক্তিসহ ব্যাখ্যা দাও।

(ক) $\underline{SnCl_2} + Hg_2Cl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2Hg$

(খ) $\underline{2FeCl_3} + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$

(গ) $\underline{HgCl_2} + Hg \rightarrow Hg_2Cl_2$

(ঘ) $\underline{2H_2S} + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$

১০। নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণগুলো জারণ–বিজারণের উদাহরণ নয়; তা ব্যাখ্যা কর ঃ

(ক) $Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + BaSO_4(s)$

(খ) $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)$

১১। জারণ সংখ্যা সহযোগে নিম্নোক্ত যৌগের নামকরণ কর ঃ

(ক) $CoCl_3$

(খ) $NaClO_4$

(গ) $NaClO_3$

(ঘ) $NaClO$

(ঙ) $Na_2SO_4$

(চ) $Na_2SO_3$

(ছ) $NaNO_3$

(জ) $NaNO_2$

http://pdfcorner.com

## গ-বিভাগ ঃ জারণ-বিজারণের গাণিতিক সমস্যা ঃ-৫
## বা, প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

**সমীকরণ ঃ** $\frac{V_1 \times M_1 \text{ (জারক)}}{V_2 \times M_2 \text{ (বিজারক)}} = \frac{x \text{ (জারকের মোল সংখ্যা)}}{y \text{ (বিজারকের মোল সংখ্যা)}}$

**দ্রষ্টব্য ঃ** নিম্নোক্ত মৌলের পারমাণবিক ভর মনে রাখতে হবে ঃ

Fe = 55.85, S = 32, O = 16, K = 39.1, Mn = 54.94, Cr = 52, N = 14, H = 1, C = 12, As = 74.92, I = 126.9।

১। 5 g ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে কত গ্রাম $KMnO_4$ প্রয়োজন হবে? [উঃ 1.04 g] [চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০১১]

২। 10 g ফেরাস সালফেটকে জারিত করতে কত গ্রাম বিশুদ্ধ $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হবে? [উঃ 3.229 g] [ঢা. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৭, ২০০৮]

৩। 0.1576 g ভরের আয়রন তারকে লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে আয়রন (II) সালফেট দ্রবণ তৈরি করা হয়। ঐ দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.0164 মোলার $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 27.3 mL পরিমাণ প্রয়োজন হয়। ঐ আয়রন তারের শতকরা বিশুদ্ধতা নির্ণয় কর। [উঃ 95.177%]

৪। (ক) এক টুকরা লৌহকে লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করে ফেরিক আয়নে পরিণত করতে 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণের 95 mL প্রয়োজন হয়। ঐ লৌহ টুকরার ভর কত? [উঃ 0.26529 g] [কু. বো. ২০০৭]

(খ) লঘু $H_2SO_4$ দ্রবণে এক টুকরা লোহার তার দ্রবীভূত করার পর প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.03 M $KMnO_4$ দ্রবণের 45.02 $cm^3$ লাগে। লোহার তারটির ভর কত? [উঃ 0.3772 g] [চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭]

৫। (ক) লঘু $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে 0.003 M $H_2O_2$ এর 25 mL দ্রবণকে জারিত করতে 10 mL আয়তনের $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ 0.003 M] [ঢা. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭, ২০০৯]

(খ) লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত 25 mL 0.2 M $FeSO_4$ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 0.1 M $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন দরকার? [উঃ 10 mL] [সি. বো. ২০১০]

৬। 0.5 g অবিশুদ্ধ সবুজ ভিট্রিওল বা সোদক ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) কে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে অম্লীয় 0.05 মোলার $KMnO_4$ দ্রবণের 5 mL পরিমাণ প্রয়োজন হয়। ঐ অবিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটে ভেজালের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 30.54% ভেজাল] [চ. বো. ২০১০]

৭। ফেরিক সালফেট ভেজাল মিশ্রিত 4.0 g আর্দ্র ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) কে অম্লীয় মাধ্যমে জারিত করতে 12 mL 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। সরবরাহকৃত ফেরাস লবণের দ্রবণে প্রকৃত ফেরাস সালফেটের পরিমাণ কত? [উঃ 0.18222 g $FeSO_4$]

৮। 20 mL আয়তনের প্রদত্ত মো'র লবণ [$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$] এর দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.1 মোলার 10 mL আয়তনের $KMnO_4$ প্রয়োজন হয়। ঐ দ্রবণে আয়রনের পরিমাণ কত? [উঃ 0.27925 g]

৯। অম্লীয় মাধ্যমে 0.01 মোলার $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 0.02 মোলার আয়রন (II) ইথেন ডাইওয়েট (অর্থাৎ অক্সালেট) দ্রবণের 50 mL পরিমাণকে জারিত করতে ঐ $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হবে? [এক্ষেত্রে $Fe^{2+}$ ও অক্সালেট উভয়ই বিজারক] [উঃ 60 mL]



http://pdfcorner.com

১০। 0.103 g সোডিয়াম অক্সালেটের অম্লীয় দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে $KMnO_4$ দ্রবণের 24.3 mL প্রয়োজন হয়। ঐ $KMnO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ 0.01233 M]

১১। (ক) 1.5 g লৌহ আকরিককে লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে 100 mL করা হল। ঐ দ্রবণের 25 mL কে টাইট্রেশন করতে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণের 22.5 mL প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe(II) এর পরিমাণ কত? [উঃ 0.50265 g] [ঢা. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; য. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৬]

(খ) 1.5 g লোহার আকরিককে $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে 100 mL করা হল। এ দ্রবণ থেকে 25 mL নিয়ে টাইট্রেশন করতে 0.02 M 22.5 mL $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ প্রয়োজন হল। আকরিকে লোহার শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 40.2%] [য. বো. ২০০৮]

১২। রক্তশূন্যতায় ব্যবহৃত আয়রন ট্যাবলেটে আয়রন (II) সালফেট থাকে। যদি 0.20 g ভরের একটি আয়রন ট্যাবলেট লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.01 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 11.5 mL পরিমাণ দরকার হয়; তবে ঐ ট্যাবলেটে $FeSO_4$ এর শতকরা পরিমাণ বের কর। [উঃ 52.388%]

১৩। 2.5 g ভরের এক টুকরা লৌহ আকরিকের সমস্ত $Fe_2O_3$ কে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে বিজারকের সাহায্যে $Fe^{2+}$ আয়নে পরিণত করা হল। প্রাপ্ত ফেরাস আয়নের দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.05 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 30 mL প্রয়োজন হয়। ঐ লৌহ আকরিকে $Fe_2O_3$ এর শতকরা পরিমাণ কত?

[উঃ 28.8%]

১৪। 20 mL আয়তনের কপার সালফেটের নমুনা দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.1 M ঘনমাত্রার 20 mL আয়তনের সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দরকার হয়। প্রদত্ত নমুনা দ্রবণে কপারের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 0.127 g]

১৫। অম্ল মিশ্রিত $\frac{M}{60}$ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 25 mL কে অতিরিক্ত KI দ্রবণে যোগ করে মুক্ত আয়োডিনকে পূর্ণ টাইট্রেশন করতে কোন $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের 29 mL প্রয়োজন হয়। ঐ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ 0.0862 M]

১৬। আর্সেনিকের কোন নমুনা থেকে 0.1058 g পরিমাণকে নিম্ন মতে গাঢ় $HNO_3$ সহযোগে জারিত করে আর্সেনিক (V) এসিড, $H_3AsO_4$ এবং ঐ এসিড দ্বারা আয়োডাইড আয়নকে জারিত করে আয়োডিনে পরিণত করা হল।

$$As + 5\ HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + 5\ NO_2 + H_2O$$
$$H_3AsO_4 + 2HI \rightarrow H_3AsO_3 + I_2 + H_2O$$

মুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেশন করতে সোডিয়াম থায়োসালফেটের 28.7 mL আয়তনের 0.0198 M দ্রবণ প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত নমুনায় বিশুদ্ধ আর্সেনিকের শতকরা পরিমাণ কত? [As = 74.92] [উঃ 20.12%]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। জারণ–বিজারণ অধ্যায়ের আলোচনা শেষ করে অধ্যাপক মহোদয় শিক্ষার্থীদের যাচাই করার জন্য নিম্নোক্ত সমীকরণগুলো বোর্ডে লিখেন ঃ

(A) $Zn\ (s) + 2HCl\ (aq) \rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$

(B) $5Fe^{2+}\ (aq) + MnO_4^-\ (aq) + 8H^+\ (aq) \rightarrow 5Fe^{3+}\ (aq) + Mn^{2+}\ (aq) + 4H_2O\ (l)$

(C) $NaCl\ (aq) + AgNO_3\ (aq) \rightarrow NaNO_3\ (aq) + AgCl\ (s)$

http://pdfcorner.com

(ক) ইলেকট্রনীয় মতবাদ মতে জারণ ও বিজারণের সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) জারণ সংখ্যা বলতে কী বুঝ? $K_4[Fe(CN)_6]$ যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে A, B, C বিক্রিয়া তিনটি কোন শ্রেণীভুক্ত তা লেখ। উপরোক্ত উদাহরণে জারক ও বিজারক চিহ্নিত কর এবং প্রত্যেকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তনসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া কী? উদ্দীপক মতে প্রযোজ্য দুটি রিডক্স বিক্রিয়ার আয়ন–ইলেকট্রন অর্ধবিক্রিয়াসমূহ সমতাসহ সমীকরণ লেখ। ৪

২। একটি 2.5 g ভরের কপার কয়েনকে মধ্যম গাঢ় $HNO_3$ এসিডে দ্রবীভূত এবং ঐ দ্রবণকে উত্তপ্ত করে নাইট্রোজেনের অক্সাইড মুক্ত করা হয়। এ দ্রবণকে 250 mL লঘু করে শেষে 25 mL কপার আয়ন ($Cu^{2+}$) এর ঐ দ্রবণে KI দ্রবণ অধিক পরিমাণে যোগ করা হয়। শেষে মুক্ত আয়োডিনকে 30 mL 0.1M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়।

$$3Cu\ (s) + 8HNO_3\ (aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2\ (aq) + 2NO\ (g) + 4H_2O\ (l) \quad \ldots\ \ldots\ (1)$$

$$2Cu^{2+}\ (aq) + 4I^-\ (aq) \rightarrow 2CuI_2\ (s) + I_2\ (aq) \quad \ldots\ (2)$$

$$2S_2O_3^{2-}\ (aq) + I_2\ (aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}\ (aq) + 2I^-\ (aq) \quad \ldots\ \ldots\ (3)$$

(ক) আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি বলতে কী বুঝ? ১

(খ) উপরের উদ্দীপক সমীকরণ মতে কোন বিক্রিয়াগুলো আয়োডোমিতির অন্তর্ভুক্ত এবং বিক্রিয়া (1)–(3)-এর মধ্যে কোন্‌টি রিডক্স বিক্রিয়া? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, এ টাইট্রেশনে কোন্ নির্দেশক ব্যবহৃত হয়েছে? আয়োডোমিতির সম্পর্ক মতে জারক, মুক্ত আয়োডিন ও বিজারকের মোলার সম্পর্ক (2) নং ও (3) নং সমীকরণ মতে গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, টাইট্রেশনে ব্যবহৃত 25 mL কপার আয়নের দ্রবণের জন্য কত মোল $I_2$ মুক্ত হয়েছে এবং কত মোল $Na_2S_2O_3$ বিক্রিয়ায় অংশ নিয়েছে এবং কপার কয়েনটিতে কত গ্রাম কপার আছে তা গণনা কর। ৪

৩। ধাতু ও অধাতুর মধ্যে আয়নিক বন্ধন গঠনকালে ইলেকট্রন আদান–প্রদানের মাধ্যমে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টি হয়। তখন জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে। উভয় বিক্রিয়া একই বিক্রিয়ার দুটি অংশ হওয়ায়; একই সাথে ঘটে। নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি এরূপ একটি বিক্রিয়া ঃ

$$Mg\ (s) + Cl_2\ (g) \rightarrow MgCl_2\ (s)$$

(ক) ইলেকট্রন মতবাদ অনুসারে জারণ বিজারণের সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) $Fe^{2+}$ আয়ন অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে; তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উপরে লিখিত বিক্রিয়াটিতে জারক ও বিজারক চিহ্নিত কর। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া এক সাথে ঘটে, তা উদ্দীপক বিক্রিয়া দ্বারা ব্যাখ্যা কর। এক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার পরিবর্তন দেখাও। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া কী? অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে উপরের উদ্দীপক সমীকরণটি লেখ।

10 g ফেরাস সালফেটকে জারিত করতে কত গ্রাম বিশুদ্ধ $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হবে? ৪

৪। এক টুকরা লৌহকে আর্দ্র বায়ুতে দীর্ঘদিন রেখে দিলে এতে লালচে মরিচা পড়ে। আবার তামার পাতকে আর্দ্র বায়ুতে রেখে দিলে এতে সবুজ আস্তরণ পড়ে। উভয় ক্ষেত্রে ধাতু ও অক্সিজেনের মধ্যে পানির সংস্পর্শে জারণ–বিজারণ ঘটেছে। এ রিডক্স বিক্রিয়া ব্যবহার করে লৌহ আকরিকে $Fe^{2+}$ আয়ন গণনা করা যায়। ডেনিয়েল কোষেও রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে।

http://pdfcorner.com

(ক) ইলেকট্রনীয় মতবাদ মতে জারণ ও বিজারণের সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) লৌহের উপর মরিচা পড়া একটি জারণ প্রক্রিয়া তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের মর্ম মতে, আকরিকে $Fe^{2+}$ আয়ন নির্ধারণের জন্য 1.5 g লৌহ আকরিককে লঘু $H_2SO_4$ এর দ্রবীভূত করে 100 mL করা হল। ঐ দ্রবণের 25 mL কে টাইট্রেশন করতে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণের 22.5 mL প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe(II) এর পরিমাণ গণনা কর। [উঃ 0.50265 g] ৩

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্য মতে, ডেনিয়েল কোষে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হওয়ার কালে জারণ–বিজারণ ঘটে তা ডেনিয়েল কোষের গঠন ও কোষ বিক্রিয়া সহকারে ব্যাখ্যা কর। ৪

৫। রক্তশূন্যতায় ব্যবহৃত আয়রন ট্যাবলেটে আয়রন (II) সালফেট থাকে। উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নে জারক রূপে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ অথবা প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ব্যবহার করে $Fe^{2+}$ আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের দুটি পদ্ধতি আছে। রসায়ন ক্লাশে সম্মানিত অধ্যাপক মহোদয় $Fe^{2+}$ আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ে শিক্ষার্থীকে বিভিন্ন ওষুধ কোম্পানির আয়রন ট্যাবলেট নমুনা হিসেবে ব্যবহারের জন্য উৎসাহিত করেন।

(ক) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? ১

(খ) জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে ৪টি পার্থক্য লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা বাংলাদেশ ওষুধ কোম্পানির তৈরি আয়রন ট্যাবলেটে ফেরাস আয়রনের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি ও কার্যপদ্ধতি গণনাসহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনে জারকরূপে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ অথবা প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ। ৪

৬। ভেজাল মিশ্রিত কাস্ট আয়রনে বিশুদ্ধ লৌহের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য 2.8 g কাস্ট আয়রনকে লঘু $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করা হল। প্রাপ্ত আয়রন (II) সালফেট দ্রবণকে 0.1M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করতে 95 mL $KMnO_4$ দরকার হল। এটি একটি রিডক্স টাইট্রেশন।

(ক) রিডক্স বিক্রিয়া কী? ১

(খ) লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সাথে KI এর বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, কাস্ট আয়রনে বিশুদ্ধ লৌহের শতকরা পরিমাণ গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, কাস্ট আয়রনে ভেজালের পরিমাণ কত ও সাধারণত কী কী উপাদান ভেজালরূপে থাকে? প্রায় 900°C তাপমাত্রায় $Fe_2O_3$ এবং $Fe_3O_4$ থেকে কার্বন বিজারণ প্রক্রিয়ায় কাস্ট আয়রন উৎপাদনের বিক্রিয়া দুটি লেখ। $Fe_3O_4$ কোন্ শ্রেণীর অক্সাইড? এতে Fe এর যোজনী ও জারণ সংখ্যা গণনা কর। ৪

৭। কপার ও টিন (Sn) এর সংকর ধাতু ব্রোঞ্জের মধ্যে টিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য ব্রোঞ্জের 15 g সূক্ষ্ম গুড়াকে লঘু $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করে সমস্ত টিনকে $SnSO_4$ রূপে দ্রবণে পরিণত করা হল। লঘু $H_2SO_4$ এসিডে বিক্রিয়াবিহীন কপার গুড়াকে ছেঁকে প্রাপ্ত দ্রবণকে পানি মিশিয়ে 250 mL করা হল। এ দ্রবণের 20 mL কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে 0.02M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করতে 25 mL $KMnO_4$ দ্রবণ দরকার হল। [Sn এর পাঃ ভর = 118.71]

(ক) রিডক্স বিক্রিয়ায় দর্শক আয়ন কী? ১

(খ) রিডক্স টাইট্রেশনে জারকরূপে $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর। ২

(গ) উদ্দীপকের টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় সংঘটিত জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাকৃত আণবিক সমীকরণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) লঘু $H_2SO_4$ এসিডে কপার বিক্রিয়াবিহীন কেন ব্যাখ্যা কর। (ii) উদ্দীপকে প্রদত্ত ডাটা থেকে ব্রোঞ্জে টিনের শতকরা পরিমাণ গণনা কর। (১+৩) = ৪

http://pdfcorner.com

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

**খ–১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞানস্তর ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক ঃ**

১। $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$; এ বিক্রিয়াটিতে বিজারকরূপে কাজ করে–

(ক) $Cu^{2+}(aq)$ (খ) $Zn(s)$ (গ) $Zn^{2+}(aq)$ (ঘ) $Cu(s)$

২। $Cl_2(g) + H_2O(l) \rightarrow HCl(aq) + HOCl(aq)$;

এ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন HOCl যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা কত?

(ক) –1 (খ) +1 (গ) – 2 (ঘ) + 2

৩। $K_4[Fe(CN)_6]$ জটিল যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা কত?

(ক) + 2 (খ) + 3 (গ) + 4 (ঘ) + 6

৪। $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl(s) + NaNO_3(aq)$—এ বিক্রিয়াটি কোন শ্রেণীভুক্ত?

(ক) জারণ–বিজারণ (খ) দ্বিবিযোজন (গ) বিশ্লেষণ (ঘ) সংশ্লেষণ

৫। Stock System মতে, জারণ সংখ্যা সহযোগে $NaClO_3$ এর নামকরণ কর ঃ

(ক) সোডিয়াম ক্লোরেট (V) (খ) সোডিয়াম ক্লোরেট (III)

(গ) সোডিয়াম ক্লোরেট (IV) (ঘ) সোডিয়াম ক্লোরেট (II)

৬। Stock System মতে, জারণ সংখ্যা সহযোগে $K_2MnO_4$ যৌগের নামকরণ কর ঃ

(ক) পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (VI) (খ) পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (VII)

(গ) পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (IV) (ঘ) পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (V)

৭। নিচের কোন্‌টি সবচেয়ে শক্তিশালী বিজারক হবে–

(ক) Zn(s) (খ) $H_2(g)$ (গ) Cu(s) (ঘ) $Fe^{2+}(aq)$

৮। পারক্লোরিক এসিড ($HClO_4$) অণুতে Cl পরমাণুর জারণ অবস্থা হল–

(ক) + 4 (খ) + 6 (গ) + 7 (ঘ) – 1

৯। $Br_2$ থেকে $BrO_3^-$ আয়নে রূপান্তরের বেলায় Br এর জারণ অবস্থার পরিবর্তন হল–

(ক) 0 থেকে – 1 (খ) 0 থেকে + 5 (গ) + 2 থেকে + 5 (ঘ) + 2 থেকে – 5

১০। রিডক্স বিক্রিয়া যেমন, $MnO_4^- + C_2O_4^{2-} + H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2CO_2 + H_2O$ এর সমতা যুক্ত সমীকরণে বিক্রিয়কসমূহের সহগ হল–

(ক) 2, 5, 16 (খ) 16, 5, 12 (গ) 5, 16, 2 (ঘ) 2, 16, 5

১১। রিডক্স বিক্রিয়া, $Cr_2O_7^{2-} + O_2^{2-} + H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + O_2 + H_2O$ এর সমতা যুক্ত সমীকরণে বিক্রিয়কসমূহের সহগ হল–

(ক) 2, 3, 8 (খ) 1, 3, 8 (গ) 6, 2, 14 (ঘ) 2, 3, 8

১২। $CH_2Cl_2$ যৌগে C এর যোজনী ও জারণ সংখ্যা হল যথাক্রমে–

(ক) 2, +2 (খ) 2, +4 (গ) 4, 0 (ঘ) 4, +2

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (খ) ৩। (ক) ৪। (খ) ৫। (ক) ৬। (ক) ৭। (ক) ৮। (গ) ৯। (খ) ১০। (ক) ১১। (খ) ১২। (গ)

http://pdfcorner.com

**খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion–MCQ) ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ স্তরভিত্তিক ঃ**

১। $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$ এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

(i) Zn বিজারকরূপে কাজ করেছে, (ii) Zn জারিত হয়েছে, (iii) $CuSO_4$ জারিত হয়েছে,

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। $SnCl_2(aq) + 2FeCl_3(aq) \rightarrow SnCl_4(aq) + 2FeCl_2(aq)$

এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

(i) $Sn^{2+}$ আয়ন জারিত হয়েছে, (ii) $Sn^{2+}$ আয়ন বিজারিত হয়েছে, (iii) $Fe^{3+}$ আয়ন বিজারিত হয়েছে,

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (iii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৩। রিডক্স বিক্রিয়ায় কয়েকটি জারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন নিম্নরূপ ঃ

(i) অম্লীয় $KMnO_4$ বিজারকের সংস্পর্শে $Mn^{2+}$ আয়নে পরিবর্তিত হয়।

(ii) অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ বিজারকের সংস্পর্শে $Cr^{3+}$ আয়নে পরিণত হয়।

(iii) KI দ্রবণ জারকের সংস্পর্শে $I_2$ উৎপন্ন করে।

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। রিডক্স টাইট্রেশনে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রয়োজ্য–

(i) $KMnO_4$ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ, (ii) স্বনির্দেশক রূপে কাজ করে,

(iii) $KMnO_4$ এর অম্লীয় মাধ্যমের জন্য HCl এসিড ব্যবহার করা যায় না।

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৫। জারণ সংখ্যার ব্যবহার করা হয় নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে–

(i) Stock system দ্বারা অজৈব যৌগের নামকরণে,

(ii) জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণে মমতা সাধন,

(iii) রিডক্স বিক্রিয়ায় জারক ও বিজারকের মোলার অনুপাত নির্ণয়ে।

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। জারণ সংখ্যা সম্পর্কিত কিছু ব্যতিক্রমযুক্ত উদাহরণ নিচে দেয়া হল ঃ

(i) $HClO_3$ যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা + 5,

(ii) ICl, IBr যৌগে I এর জারণ সংখ্যা + 1,

(iii) সব অক্সাইডে O এর জারণ অবস্থা – 2

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৭। $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নটির বেলায় প্রযোজ্য হল–

(i) Cr ও সব O পরমাণুর জারণসংখ্যার যোগফল – 2,

(ii) কেন্দ্রীয় Cr পরমাণুর সাথে O পরমাণুর আয়নিক বন্ধনে যুক্ত,

(iii) এক্ষেত্রে Cr এর জারণ অবস্থা + 6

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ক) ২। (ক) ৩। (ঘ) ৪। (খ) ৫। (ঘ) ৬। (ক) ৭। (খ)

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ**

১। 6 mol $FeSO_4$ কে সম্পূর্ণ জারিত করতে 1 mol $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হয়।

[$FeSO_4$ এর আঃ ভর = 152, $K_2Cr_2O_7$ এর আঃ ভর = 255]

এ সব তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) 15.2 g $FeSO_4$ এর সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ দরকার হবে–

(ক) 8.15 g (খ) 8.25 (গ) 4.0 g (ঘ) 4.25 g

(২) নিচের কোন তথ্যটি $K_2Cr_2O_7$ এর বেলায় প্রযোজ্য নয়–

(ক) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ (খ) অম্লীয় মাধ্যমে HCl এসিড ব্যবহার করা যায়

(গ) রিডক্স টাইট্রেশন স্বনির্দেশক (ঘ) $KMnO_4$ থেকে দুর্বল জারক

২। জারণ–বিজারণের দুটি বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$2\ CuSO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + I_2 + 2K_2SO_4$ ... (1)

$2A + I_2 \rightarrow Na_2S_2O_6 + 2NaI$ ... (2)

উপরোক্ত উদ্দীপক সমীকরণভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) উদ্দীপক (২) নং সমীকরণের 'A' হল কোন্‌টি

(ক) জারক $Na_2SO_4$ (খ) জারক $Na_2S_2O_3$

(গ) বিজারক $Na_2S_2O_3$ এর দ্রবণ (ঘ) বিজারক $Na_2S_2O_3$ এর প্রমাণ দ্রবণ।

(২) উদ্দীপক সমীকরণগুলো দ্বারা কোন প্রক্রিয়াটি বোঝানো হয়–

(ক) অম্লমিতি (খ) আয়োডিমিতি (গ) আয়োডোমিতি (ঘ) ক্ষারমিতি

৩। F এর জারণ সংখ্যা –1 স্থির থাকে; কিন্তু Cl এর জারণ সংখ্যা পরিবর্তনশীল এ তথ্য মতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) $KClO_4$ যৌগের নাম জারণ সংখ্যাভিত্তিক কী হবে–

(ক) পটাসিয়াম ক্লোরেট (I) (খ) পটাসিয়াম পারক্লোরেট

(গ) পটাসিয়াম ক্লোরেট (V) (ঘ) পটাসিয়াম ক্লোরেট (VII)

(২) HOCl সম্বন্ধে নিচের তিনটি তথ্য দেয়া হল–

(i) ক্লোরিনের অক্সোএসিড, (ii) এতে Cl এর জারণ সংখ্যা –1

(iii) এটি বিযোজিত হয়ে জায়মান অক্সিজেন তৈরি করে যা রঙিন বস্তুকে বিরঞ্জিত করে।

কোনটি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ঘ, (২) গ; ২। (১) ঘ, (২) গ; ৩। (১) ঘ, (২) গ।

http://pdfcorner.com

**গ–প্রস্তুতিমূলক জ্ঞানভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। মৌলের জারণ–সংখ্যা কী?

২। জারক ও বিজারক কী?

৩। অর্ধবিক্রিয়া কী?

৪। দর্শক আয়ন কী?

৫। আয়োডিমিতি কী?

৬। আয়োডোমিতি কী?

৭। রিডক্স বিক্রিয়া কী?

**ঘ–প্রস্তুতিমূলক অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন ঃ**

১। জারণ–বিজারণ সর্বদা একই সাথে ঘটে; ব্যাখ্যা কর।

২। জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে পার্থক্যগুলো লেখ।

৩। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে; ব্যাখ্যা কর।

৪। $Fe^{2+}$ আয়ন জারক ও বিজারক উভয় রূপে ক্রিয়া করে; ব্যাখ্যা কর।

৫। $KMnO_4$ একটি জারক; ব্যাখ্যা কর।

৬। অক্সালিক এসিড একটি বিজারক; ব্যাখ্যা কর।

pdfcorner.com

http://pdfcorner.com

# ৬ রাসায়নিক বন্ধন
## CHEMICAL BONDING

**বিষয়বস্তু ঃ**

- রাসায়নিক বন্ধন ঃ পরমাণুর পরস্পর বন্ধনের শক্তিসমূহের প্রকৃতি;
- বিভিন্ন ধরনের বন্ধন, যথা ঃ আয়নিক বন্ধন, সমযোজী বন্ধন, সন্নিবেশ বন্ধন ও ধাতব বন্ধন;
- বন্ধন প্রকৃতির সাথে যৌগের/ধাতুর ধর্মের সম্পর্ক (উদাহরণসহ);
- হাইড্রোজেন বন্ধন ও সংশ্লিষ্ট যৌগসমূহের ধর্ম;
- অরবিটাল সংকরণ (হাইব্রিডিজেশন);
- দ্রবণে আয়নের জলযোজনের প্রকৃতি ও পানিতে আয়নিক যৌগের দ্রাব্যতা;
- সমযোজী যৌগের আয়নিক প্রকৃতি, পোলার অণু;
- সরল যৌগসমূহের অণুর আকৃতি, (৪ জোড়া ইলেকট্রন পর্যন্ত)।

### ৬.১। ভূমিকা
**Introduction**

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ এক-পরমাণুক অণুরূপে প্রকৃতিতে স্থায়ী; কিন্তু নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত অন্যান্য কোন মৌলের পরমাণু প্রকৃতিতে স্বাধীনভাবে বিরাজ করে না। একই মৌলের দুটি পরমাণু একত্রে মিলিত হয়ে সে মৌলের একটি অণু সৃষ্টি করে। যেমন $O_2$, $N_2$, $F_2$, $Cl_2$, $Br_2$ প্রভৃতি। আবার কোন কোন মৌলের দু'য়ের অধিক পরমাণুও একটি মৌলের অণু সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয়; যেমন $O_3$, $P_4$, $S_8$ প্রভৃতি। অপরদিকে ভিন্ন মৌলের দুই বা ততোধিক পরমাণু সংযুক্ত হয়ে বিভিন্ন যৌগের অণু গঠিত হয়; যেমন, HCl, $H_2O$, $C_2H_5OH$ প্রভৃতি। এ সব অণুতে পরমাণুসমূহ এক বিশেষ আকর্ষণ শক্তি দ্বারা আবদ্ধ থাকে, এ শক্তিকে বন্ধন শক্তি বলে।

রসায়নবিদ্যায় জ্ঞান অর্জনের প্রাথমিক ভিত্তি হল মৌলসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতি সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ। আর এজন্য নিম্নোক্ত তিনটি প্রশ্নের উত্তর জানতে হবে। যেমন,

(১) পরমাণুসমূহ রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয় কেন?

(২) পরমাণুসমূহ নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হয় কেন?

(৩) যে বন্ধন শক্তি দ্বারা পরমাণুসমূহ আবদ্ধ হয়, সে বন্ধন শক্তির প্রকৃতির উপর অণুর ধর্মের সম্পর্ক কী?

এ অধ্যায়ে এ সব প্রশ্নের সমাধানে যথাযথ আলোচনা পাওয়া যাবে।

### ৬.২। রাসায়নিক বন্ধন ও বন্ধনের প্রকৃতি
**Chemical Bond and Nature of Bond**

**রাসায়নিক বন্ধন ঃ পরমাণুসমূহ যে আকর্ষণী বলের সাহায্যে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত হয়ে বিভিন্ন অণু তৈরি করে, তাকে রাসায়নিক বন্ধন (chemical bond) বলে।** যেমন, হাইড্রোজেনের দুটি পরমাণু এ রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে হাইড্রোজেনের একটি অণু ($H_2$) গঠন করে। অনুরূপভাবে অক্সিজেনের একটি পরমাণু দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে রাসায়নিক বন্ধন শক্তি দ্বারা আবদ্ধ হয়ে পানি অণু ($H_2O$) গঠন করে।

**বন্ধন শক্তির প্রকৃতি ঃ** আমরা জানি, পরমাণুর তিনটি স্থায়ী মূল কণিকার প্রকৃতি হল ঋণাত্মক ইলেকট্রন, ধনাত্মক প্রোটন ও চার্জনিরপেক্ষ নিউট্রন। দুই পরমাণু যখন নিম্নতর স্থৈতিক শক্তি লাভের জন্য নিকটে আসে, তখন তাদের বিপরীত চার্জের মধ্যে আকর্ষণ ও একই প্রকৃতির চার্জের মধ্যে বিকর্ষণ ক্রিয়া করে। এ দুই বিপরীত শক্তির নিট ফলাফলে আকর্ষণ শক্তি প্রবল থাকলে তখনই দুটি পরমাণু বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। পরমাণুর মধ্যস্থ কণার চার্জ মূলত স্থৈতিক হওয়ায়; পরমাণুর **বন্ধন শক্তির প্রকৃতি হল স্থির বৈদ্যুতিক** (electrostatic)।



http://pdfcorner.com

## ৬.২.১। রাসায়নিক বন্ধন গঠনের কারণ
### Cause of Formation of Chemical Bond

মৌলসমূহের রাসায়নিক বন্ধন গঠনের মূল কারণ নিম্নোক্ত দুটি বাস্তব প্রমাণ থেকে ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন,

(১) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নিষ্ক্রিয়তার মূলে তাদের অধিকতর স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস এবং তা অন্যান্য মৌলের অর্জনের প্রবণতা;

(২) মৌলসমূহের অধিকতর স্থায়িত্ব লাভের জন্য সর্বনিম্ন স্থৈতিক শক্তি অর্জনের প্রবণতা।

**১। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভে মৌলসমূহের প্রবণতা ঃ**

আমরা জানি, শুধু নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণু মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে থাকে; অন্যান্য সব মৌলের পরমাণুসমূহ মুক্ত অবস্থায় থাকে না। শুধু তাই নয়, নিষ্ক্রিয় মৌলসমূহ সহজে অন্যান্য মৌলসমূহের সাথে বা নিজেদের মধ্যে কোন যৌগ গঠন করে না। এ থেকে বোঝা যায় যে, নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণু মুক্ত অবস্থায় বিশেষভাবে স্থিতিশীল। নিম্নে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস দেয়া হল ঃ

He (2) : $\mathbf{1s^2}$

Ne (10) : $1s^2\ \mathbf{2s^2 2p^6}$

Ar (18) : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\mathbf{3s^2\ 3p^6}$

Kr (36) : $1s^2 2s^2\ 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}\mathbf{4s^2 4p^6}$

Xe (54) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10}\mathbf{5s^2 5p^6}$

Rn (86) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10}\mathbf{6s^2 6p^6}$

দেখা যাচ্ছে যে, একমাত্র হিলিয়াম ব্যতীত সব নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সর্ববহিস্থ অর্থাৎ যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $\mathbf{ns^2 np^6}$। যেহেতু 1p অরবিটাল সম্ভবপর নয়, সেহেতু He-এর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$ হওয়া সত্ত্বেও তা নিষ্ক্রিয় হওয়া স্বাভাবিক। **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের সর্বশেষ স্তরে $s^2\ p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকায় বোঝা যায় যে, এ বিন্যাসটি বিশেষভাবে স্থিতিশীল।** এরূপ ইলেকট্রন বিন্যাস পরিবর্তনে অনাগ্রহী হওয়ার কারণেই মৌলসমূহ রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। অপরদিকে অন্যান্য মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ স্তরে এ ইলেকট্রন বিন্যাস না থাকায় এ সব মৌল বিভিন্নভাবে এ ধরনের অধিকতর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস গঠনে আগ্রহী। এ কারণেই বিভিন্ন মৌল বিভিন্নভাবে অন্যান্য পরমাণুর সাথে মিলিত হয়ে এ $s^2p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস গঠনে সচেষ্ট হয় অর্থাৎ রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এ নিয়মকে রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক নিয়ম (octet rule) বলা হয়।

**নিষ্ক্রিয় মৌলসমূহের নিষ্ক্রিয়তার কারণ ঃ** নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস যে বিশেষভাবে স্থিতিশীল তা মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তি থেকেও প্রতীয়মান হয়। **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি প্রায় শূন্য** অর্থাৎ এরা আর একটি ইলেকট্রন গ্রহণে ইচ্ছুক নয়। **আবার এসব মৌলের আয়নীকরণ বিভব পর্যায় সারণির যে কোন পর্যায়ে সবচেয়ে বেশি।** অর্থাৎ এ ইলেকট্রন বিন্যাস ($s^2p^6$) থেকে কোন ইলেকট্রন অপসারণ সবচেয়ে দুষ্কর। অপরদিকে ক্ষার ধাতুসমূহের আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে কম। ক্ষারধাতুসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $(n-1)s^2\ (n-1)\ p^6 ns^1$ অর্থাৎ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ অপেক্ষা এদের একটি মাত্র ইলেকট্রন বেশি আছে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জনের জন্য এ ইলেকট্রনটি পরিত্যাগ করতে এদের বিশেষ আপত্তি নেই। ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব খুবই বেশি। কেননা সেক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ভেঙে দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি অপসারণ করতে হয়।

হ্যালোজেন মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2np^5$। **এদের ইলেকট্রন আসক্তি যে কোন পর্যায়ে সবচেয়ে বেশি।** অর্থাৎ একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস গঠনের সময় এরা প্রচুর শক্তি নির্গত করে। $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাসের বিশেষ স্থিতিশীলতা উপরিউক্ত বিভিন্ন উদাহরণ দ্বারা প্রমাণিত হয়।

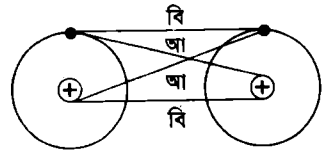
**২। মৌলসমূহের নিম্নতম স্থৈতিক শক্তি অর্জনের প্রবণতা ঃ** বিজ্ঞানের প্রতিষ্ঠিত নিয়ম হল, যে বস্তুর স্থৈতিক শক্তি যত কম, সে বস্তুর স্থিতিশীলতা তত বেশি। মৌলসমূহের একাধিক পরমাণু যখন নিকটতর হয়ে নিম্নতর স্থৈতিক শক্তি অর্জন করে, তখন তারা বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এটিই রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টির মূল কারণ।

http://pdfcorner.com

পরমাণুর গঠন অনুসারে দুটি পরমাণু নিকটতর হলে নিম্নোক্ত শক্তি তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল থাকে। যেমন,

(i) এক পরমাণুর নিউক্লিয়াস অপর পরমাণুর ইলেকট্রনকে আকর্ষণ করে।

(ii) উভয় পরমাণুর মধ্যে আন্তঃনিউক্লিয়াস ও আন্তঃইলেকট্রনসমূহের বিকর্ষণ শক্তি কাজ করে।




চিত্র ৬.১ ঃ দুটি H পরমাণুর ইলেকট্রন ও নিউক্লিয়াসের মধ্যে আকর্ষণ ও বিকর্ষণ। আ = আকর্ষণ, বি = বিকর্ষণ

উভয় বিপরীত শক্তির নিট ফলাফলে আকর্ষণ শক্তি প্রবল থাকলে তখনই সৃষ্ট অণুটি স্থিতিশীল হবে। এ অবস্থায় উভয় পরমাণুর স্থৈতিক শক্তি পূর্বের চেয়ে কম হবে। স্থৈতিক শক্তি যত কম হবে, অণুর স্থিতিশীলতা তত বাড়বে। পরীক্ষা থেকে জানা যায়, এক মোল অণু হাইড্রোজেন ($H_2$) এর বন্ধন বিযোজনে 433 kJ শক্তি খরচ হয়।

$$H_2(g) + 433\,kJ \longrightarrow 2H(g)$$

বিপরীতভাবে, এক মোল $H_2$ গঠনকালে 433 kJ তাপশক্তি বের হয়। সুতরাং দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর স্থৈতিক শক্তির চেয়ে এক অণু হাইড্রোজেনের স্থৈতিক শক্তি কম। অর্থাৎ হাইড্রোজেন অণু এর পরমাণুর চেয়ে অধিক স্থিতিশীল। সুতরাং মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠনের মূল কারণ স্থিতিশীলতা অর্জন।

## ৬.৩। যোজনীর ইলেকট্রনীয় মতবাদঃ অষ্টক নিয়ম

### Electronic Theory of Valency ঃ Octet Rule

১৯১৬ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী কোজেল (W. Kosel) এবং জি. এন. লুইস্ (G. N. Lewis) উভয়েই স্বাধীনভাবে মৌলের যোজনী সম্পর্কে ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রকাশ করেন। এর পর থেকে রাসায়নিক বন্ধন সম্পর্কে ক্রমশ সুস্পষ্ট ধারণা গড়ে উঠে। এ মতবাদ অনুসারে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন কাঠামো অধিক স্থিতিশীল; তাই তারা একপরমাণুক গ্যাস এবং অন্য কোন মৌলের সাথে যুক্ত হয় না। অন্যান্য মৌলও নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত ইলেকট্রন কাঠামো অর্জনের জন্য নিজেদের মধ্যে প্রয়োজনমত (i) ইলেকট্রন স্থানান্তরিত করে অথবা (ii) পরস্পরের মধ্যে ইলেকট্রন শেয়ার করে থাকে। একে রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক নিয়ম বলে।

**অষ্টক নিয়ম ঃ** যোজনীর ইলেকট্রনীয় তত্ত্বানুযায়ী বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহ নিজেদের মধ্যে ইলেকট্রনসমূহ আদান-প্রদান অথবা শেয়ারের মাধ্যমে বন্ধন সৃষ্টি করে। এ আদান-প্রদান বা শেয়ার এমনভাবে সম্পন্ন হয় যেন প্রতিটি পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ৮টি ইলেকট্রন ($s^2p^6$) থাকে। ফলে প্রতিটি পরমাণু তাদের নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে। একে **ইলেকট্রনীয় অষ্টক নিয়ম বা octet rule** বলা হয়। রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় এ নিয়মের বিশেষ অবদান আছে। তবে বহু ক্ষেত্রে এ নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটে।

কোন মৌলের পরমাণু তার নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত ইলেকট্রন কাঠামো অর্জন করতে যতটি ইলেকট্রন অন্য পরমাণুকে প্রদান করে বা অন্য পরমাণু থেকে গ্রহণ করে অথবা শেয়ার করে; সে ইলেকট্রন সংখ্যাকে ঐ মৌলের **যোজনী** (valency) বলা হয়। পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে মৌলের যোজনী সম্পর্কযুক্ত বলে পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনসমূহকে **যোজ্যতা ইলেকট্রন** (valence electron) এবং ঐ শক্তিস্তরকে **যোজনী স্তর** বলা হয়।

**উদাহরণ ঃ** $Na(11) = 1s^2\,2s^2\,2p^6\,\boxed{3s^1}$ ∴ Na এর যোজনী স্তর হল ৩য় শক্তিস্তর এবং যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা = 1

$Ca(20) = 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\boxed{4s^2}$ ∴ Ca এর যোজনী স্তর হল ৪র্থ শক্তিস্তর এবং যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা = 2

উল্লেখ্য বিজ্ঞানী লুইস পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন প্রকাশের জন্য মৌলের প্রতীকের চতুর্দিকে যোজ্যতা ইলেকট্রনকে ডট (.) বা ক্রস ( × ) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করেন, এরূপ প্রকাশকে **'লুইস্ প্রতীক'** (Lewis symbol) বলা হয়। নিম্নে ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের লুইস প্রতীক দেখানো হল। যেমন,

| গ্রুপসমূহ ঃ | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| লুইস প্রতীক ঃ | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |

http://pdfcorner.com

## ৬.৪। বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক বন্ধন
### Different Types of Chemical Bonds

পরমাণুসমূহ বিভিন্নভাবে পরস্পরের মধ্যে ইলেকট্রন বণ্টন করে বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। ইলেকট্রন বণ্টনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে রাসায়নিক বন্ধন প্রধানত চার প্রকারের হয়; যথা–

(১) তড়িৎযোজী বা আয়নিক বন্ধন (Electrovalent or Ionic bond);
(২) সমযোজী বা সহযোজী বন্ধন (Covalent bond);
(৩) সন্নিবেশ বন্ধন (Co–ordinate covalent bond)।
(৪) ধাতব বন্ধন (Metallic bond)

এছাড়াও অণুসমূহের মধ্যে প্রকৃত রাসায়নিক বন্ধনের তুলনায় দুর্বল এক প্রকার আকর্ষণ আছে। এ আকর্ষণকে তিন শ্রেণীতে যেমন **ভ্যানডার ওয়ালসের বল** (Van der Waals' forces) , হাইড্রোজেন বন্ধন ও ডাইপোল–ডাইপোল আকর্ষণ নামে ৬.২৬ অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হয়েছে।

## ৬.৫। আয়নিক বন্ধন বা তড়িৎযোজী বন্ধন
### Ionic Bond or Electrovalent Bond

একটি ধাতু এবং একটি অধাতু পরস্পরের সাথে মিলিত হওয়ার সময় সাধারণত ধাতব পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অধাতব পরমাণুকে দান করে। ফলে ধাতব পরমাণুটি ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন এবং অধাতব পরমাণুটি ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়নে পরিণত হয়। এ আয়নদ্বয় বিপরীতধর্মী চার্জবিশিষ্ট হওয়ায় এদের মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণের সৃষ্টি হয়। এ আকর্ষণেই উভয় আয়ন আবদ্ধ হয়।

**আয়নিক বন্ধনের সংজ্ঞা ঃ ধাতব ও অধাতব মৌলের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে ধাতুর পরমাণুর বহিঃস্তর থেকে অধাতু পরমাণুর বহিঃস্তরে এক বা একাধিক ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হওয়ার মাধ্যমে সৃষ্ট ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা যে বন্ধন গঠিত হয়, তাকে আয়নিক বন্ধন বা তড়িৎযোজী বন্ধন বলে। ধাতব পরমাণু ও অধাতব পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে সৃষ্ট ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন তাদের নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মত ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে। আয়নিক বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে তড়িৎযোজী বা আয়নিক যৌগ বলা হয়।**

**উদাহরণ ১।** ধাতব সোডিয়াম অধাতব ক্লোরিন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে আয়নিক বন্ধন সহযোগে সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। যেমন,

$$2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

**ব্যাখ্যা ঃ** একটি সোডিয়াম পরমাণুর সাথে একটি ক্লোরিন পরমাণুর বিক্রিয়া নিম্নে আলোচনা করা হল। এ পরমাণুদ্বয়ের ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$Na\ (11) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2 2p^6\ \boxed{3s^1}$$

$$Cl\ (17) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2 2p^6\ \boxed{3s^2 3p^5}$$

সোডিয়াম পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে একটি মাত্র ইলেকট্রন ($3s^1$) আছে। অপরদিকে ক্লোরিন পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে ৭টি ইলেকট্রন ($3s^2 3p^5$) আছে। অর্থাৎ ক্লোরিন পরমাণুতে এর নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা ১টি ইলেকট্রন কম আছে। সোডিয়াম এবং ক্লোরিন পরমাণু দুটি একত্রিত হলে সোডিয়াম পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তর থেকে একটি ইলেকট্রন **ক্লোরিন পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয় অর্থাৎ** সোডিয়াম পরমাণু ক্লোরিন পরমাণুকে একটি ইলেকট্রন দান করে। এর ফলে সোডিয়াম পরমাণু আর চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু থাকে না। বরং একটি এক একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট **সোডিয়াম আয়নে ($Na^+$) রূপান্তরিত হয়।** কেননা সোডিয়াম পরমাণুর কেন্দ্রে ১১টি প্রোটন আছে এবং একটি ইলেকট্রন দান করার পর এতে মাত্র ১০টি ইলেকট্রন অবশিষ্ট থাকে। অবশ্য এর ফলে সোডিয়াম আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের (Ne) অনুরূপ হয়। ($Na^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 \equiv Ne$)।

অপরদিকে ক্লোরিন পরমাণু একক ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট **ক্লোরাইড আয়নে ($Cl^-$) রূপান্তরিত হয়।** কেননা একটি ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে এর কেন্দ্রে ১৭টি প্রোটন এবং বহিঃস্তরে ১৮টি ইলেকট্রন হয়। ফলে উৎপন্ন ক্লোরাইড ($Cl^-$) আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গনের (Ar) অনুরূপ হয়। ($Cl^- = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \equiv Ar$)।

http://pdfcorner.com

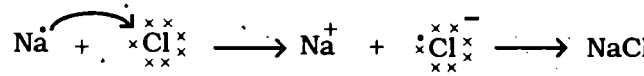
ইলেকট্রনিক প্রতীক দ্বারা সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) ও ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) সৃষ্টি ও NaCl গঠন নিম্নরূপে দেখানো যেতে পারে। যেমন,

$$Na\ (1s^2 2s^2 2p^6 3s^1) \longrightarrow Na^+\ (1s^2 2s^2 2p^6) + 1\bar{e}$$

$$Cl\ (1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5) + 1\bar{e} \longrightarrow Cl^-\ (1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6)$$

$$Na + Cl \longrightarrow Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- \text{ বা, সংক্ষেপে } NaCl$$

লুইস্ প্রতীকের মাধ্যমে NaCl এর গঠন প্রক্রিয়া নিম্নরূপে দেখানো হয়। যেমন,



ইলেকট্রন দান ও গ্রহণের পরে সৃষ্ট সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) ও ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^-$) বিপরীত চার্জযুক্ত হওয়ায় স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল দ্বারা পরস্পরের প্রতি আকৃষ্ট থাকে। এভাবে সোডিয়াম ক্লোরাইড যৌগ সৃষ্টি হয়।

**উদাহরণ ২।** আয়নিক বন্ধন সৃষ্টির সময় একাধিক ইলেকট্রনও আদান-প্রদান হয়। যেমন MgO তৈরির ক্ষেত্রে Mg পরমাণু [ $Mg(12) = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ] থেকে দুটি ইলেকট্রন অক্সিজেন পরমাণুকে [ $O(8) = 1s^2 2s^2 2p^4$ ] দান করা হয়। ইলেকট্রন দান ও গ্রহণের ফলে $Mg^{2+}$ আয়ন ও $O^{2-}$আয়ন উৎপন্ন হয়। উভয় আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিয়নের (Ne) মত হয় [$Ne(10) = 1s^2 2s^2 2p^6$)]।

ইলেকট্রনিক প্রতীক দ্বারা $Mg^{2+}$ আয়ন ও $O^{2-}$ আয়ন সৃষ্টি ও MgO গঠন নিম্নরূপে দেখানো যায়। যেমন,

$$Mg\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2) \longrightarrow Mg^{2+}\ (1s^2\ 2s^2 2p^6) + 2\bar{e}$$

$$O\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^4) + 2\bar{e} \longrightarrow O^{2-}\ (1s^2\ 2s^2 2p^6)$$

$$Mg + O \longrightarrow Mg^{2+} + O^{2-} \longrightarrow MgO$$

লুইস্ প্রতীকের মাধ্যমে MgO এর গঠন প্রক্রিয়া নিম্নরূপে দেখানো হয়। যেমন,

**উদাহরণ ৩।** অনেক যৌগে একটি ধাতব পরমাণু কর্তৃক দানকৃত ইলেকট্রনের সংখ্যা একটি অধাতব পরমাণু কর্তৃক গৃহীত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমান হয় না। সেসব যৌগে ধাতু ও অধাতুর পরমাণু সংখ্যা এমন হয়, যেন ধাতব পরমাণুসমূহ কর্তৃক দানকৃত সর্বমোট ইলেকট্রন সংখ্যা ও অধাতব পরমাণুসমূহ কর্তৃক গৃহীত মোট ইলেকট্রন সংখ্যা সমান হয়। এ ধরনের যৌগের উদাহরণ হচ্ছে $CaCl_2$, $Al_2O_3$, $Na_2O$ প্রভৃতি।

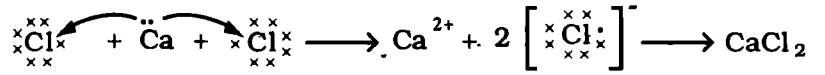
$CaCl_2$ যৌগে একটি Ca পরমাণু দুটি ইলেকট্রন দান করে। অপরদিকে একটি ক্লোরিন পরমাণু একটি মাত্র ইলেকট্রন গ্রহণে সমর্থ হওয়ায় প্রতিটি ক্যালসিয়াম পরমাণুর জন্য দুটি ক্লোরিন পরমাণুর প্রয়োজন হয়। এরূপে সৃষ্ট $Ca^{2+}$ আয়ন ও দুটি $Cl^-$ আয়ন আয়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়। যেমন,

$$Ca(1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2) \longrightarrow Ca^{2+}\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6) + 2\bar{e}$$

$$2Cl\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5) + 2\bar{e} \longrightarrow 2Cl^-\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6)$$

$$Ca + 2Cl \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow CaCl_2$$

লুইস্ প্রতীকের মাধ্যমে $CaCl_2$ এর গঠন প্রক্রিয়া নিম্নরূপে দেখানো হয়। যেমন,



http://pdfcorner.com

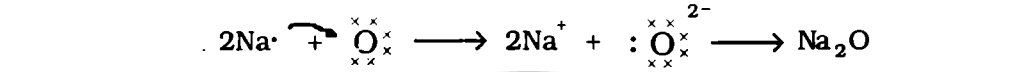
**উদাহরণ ৪।** একটি সোডিয়াম পরমাণু একটি ইলেকট্রন দান করায় এবং একটি অক্সিজেনের পরমাণু দুটি ইলেকট্রন গ্রহণে সমর্থ হওয়ায় প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর জন্য দুটি সোডিয়াম পরমাণুর প্রয়োজন। এ কারণে সোডিয়াম অক্সাইডের সংকেত $Na_2O$ (দুটি $Na^+$ ও একটি $O^{2-}$ আয়ন)।

$$Na\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1) \longrightarrow Na^+(1s^2\ 2s^2\ p^6) + 1e^- \times 2$$

$$O\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^4) + 2e^- \longrightarrow O^{2-}\ (1s^2\ 2s^2\ p^6)$$

$$2Na + O \longrightarrow 2Na^+ + O^{2-} \longrightarrow Na_2O$$

লুইস্ প্রতীকের মাধ্যমে $Na_2O$ এর গঠন নিম্নরূপে দেখানো হয়। যেমন,



**উদাহরণ ৫।** একটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণু ৩টি ইলেকট্রন দান করতে পারে এবং ১টি অক্সিজেন পরমাণু দুটি ইলেকট্রন গ্রহণে সমর্থ হয়। তাই অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড গঠনে প্রতি দুটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুর জন্য (সর্বমোট ৩ × ২ = ৬টি ইলেকট্রন প্রদান) তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রয়োজন হয় (সর্বমোট ২ × ৩ = ৬টি ইলেকট্রন গ্রহণ)। তাই এ যৌগের সংকেত $Al_2O_3$ হতে বাধ্য।

$$Al\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1) \longrightarrow Al^{3+}(1s^2\ 2s^2\ 2p^6) + 3e^- \times 2$$

$$O\ (1s^2\ 2s^2\ 2p^4) + 2e^- \longrightarrow O^{2-}\ (1s^2\ 2s^2\ p^6) \times 3$$

$$2Al + 3O \longrightarrow 2Al^{3+} + 3O^{2-} \longrightarrow Al_2O_3$$

লুইস্ প্রতীকের মাধ্যমে $Al_2O_3$ এর গঠন নিম্নরূপে দেখানো হয়। যেমন,

## ৬.৬। আয়নিক বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় শর্ত

### Necessary Conditions for Ionic Bond Formation

আয়নিক বন্ধন গঠনের জন্য নিম্নোক্ত তিনটি প্রয়োজনীয় শর্ত আছে। যেমন,

(১) প্রথম মৌলের অর্থাৎ ধাতুর নিম্ন আয়নীকরণ শক্তি (Low ionisation energy)

(২) দ্বিতীয় মৌলের অর্থাৎ অধাতুর উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি (High electron affinity)

(৩) গঠিত আয়নিক যৌগের উচ্চ ল্যাটিস শক্তি (High lattice energy)

**১। নিম্ন আয়নীকরণ শক্তি ঃ** আয়নিক বন্ধন গঠনকালে প্রথমে একটি পরমাণু ( সাধারণত ধাতুর পরমাণু ) ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়। ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির বেলায় প্রয়োজনীয় শক্তিকে আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়। যেমন,

$$Na(g) \longrightarrow Na^+(g) + \bar{e}, \quad \Delta H = +494\ kJmol^{-1}$$

যে সব পরমাণুর আয়নীকরণ শক্তি কম তাদের পক্ষে ধনাত্মক আয়ন গঠন করা সহজ। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA ও গ্রুপ IIA এর মৌল এবং সাধারণভাবে ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি কম। তাই ধাতুসমূহ আয়নিক বন্ধন গঠন করতে পারে।

**২। উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি ঃ** আয়নিক বন্ধনের জন্য ঋণাত্মক আয়ন গঠনকালে পরমাণু (সাধারণত অধাতুর পরমাণু ) এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে। পরমাণুতে অতিরিক্ত ইলেকট্রন প্রবেশ করলে শক্তি নির্গত হয়। ঋণাত্মক আয়ন গঠনকালে যে শক্তি নির্গত হয়, তাকে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়। যেমন,

$$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g), \quad \Delta H = -348\ kJmol^{-1}$$

http://pdfcorner.com

যেহেতু ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টির সময় শক্তি নির্গত হয়; তাই যে সব পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি যত বেশি তাদের পক্ষে ঋণাত্মক আয়ন গঠন তত সহজ হয়। গ্রুপ VIIA বা হ্যালোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি গ্রুপ VIA এর পরমাণুর চেয়ে বেশি হওয়ায় হ্যালোজেন পরমাণু গ্রুপ VIA পরমাণুর চেয়ে সহজেই আয়নিক বন্ধন গঠন করে।

৩। **উচ্চ ল্যাটিস শক্তি ঃ** আয়নিক বন্ধনের শেষ পর্যায়ে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে এক মোল কেলাসের জালি বা ল্যাটিস্ গঠন করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে ল্যাটিস্ শক্তি বলা হয়। যেমন,

$$Na^+(g) + Cl^-(g) \longrightarrow NaCl(s), \quad \Delta H = -760\ kJmol^{-1}$$

"সর্বনিম্ন স্থৈতিক শক্তি ধারণ ও সর্বাধিক স্থিতিশীলতা লাভ" – এ সূত্র মতে, ল্যাটিস্ শক্তি যত বেশি হয় আয়নিক যৌগের স্থিতিশীলতা তত বাড়ে এবং বিপরীত আয়নসমূহের মধ্যে আকর্ষণও তত বেশি হয়।

## ৬.৭। আয়নিক বন্ধন গঠনের সীমাবদ্ধতা

**Limitations of Ionic Bond Formation**

**(১) আয়নিক বন্ধন শুধুমাত্র একটি ধাতু এবং একটি অধাতুর মধ্যে সম্ভব।** প্রতিনিধিত্বমূলক ধাতব মৌলসমূহের মধ্যে গ্রুপ IA ও IIA এর মৌলসমূহ এবং গ্রুপ IIIA এর ভারী মৌলসমূহ সাধারণত আয়নিক যৌগ সৃষ্টি করে। ধাতুর পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ সহজসাধ্য; কিন্তু বেশি ইলেকট্রন অপসারণ করতে ক্রমশ অধিকতর শক্তির প্রয়োজন।

**(২) অধাতব মৌলসমূহের মধ্যে গ্রুপ VIIA এর হ্যালোজেন মৌলসমূহ এবং গ্রুপ VIA এর অক্সিজেন ও কোন কোন ক্ষেত্রে সালফারও আয়নিক যৌগ গঠন করে।**

**(৩) কোন মৌলের রাসায়নিক বন্ধনই 100% আয়নিক হয় না।** যেমন, $AlCl_3$ গঠনগতভাবে আয়নিক যৌগ হলেও এর স্ফুটনাঙ্ক মাত্র 178°C (তুলনার জন্য NaCl এর স্ফুটনাঙ্ক 1470°C)। এটা স্পষ্ট যে, এতে প্রকৃতপক্ষে খুবই কম পরিমাণ আয়নিক ধর্ম রয়েছে। এমনকি $BaCl_2$ এর নিম্ন গলনাঙ্ক (405°C), নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক (520°C) ও অন্যান্য ভৌত ধর্ম থেকে বোঝা যায় যে, এ যৌগও সত্যিকার অর্থে আয়নিক যৌগ নয়।

**(৪) অনেক ধনাত্মক আয়নে অষ্টক নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়।** তখন এ সব ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়নের সর্বশেষ স্তরে ৮টি ইলেকট্রন বা $s^2p^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে না। যেমন,

Co(27) : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^7\ 4s^2$

$Co^{2+}$ : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6\ 3d^7}$ [এক্ষেত্রে ৩য় শক্তিস্তরে ৮টির পরিবর্তে ১৫টি ইলেকট্রন আছে]

Ag(47) : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^1$

$Ag^+$ : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ \boxed{4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}}$ [এক্ষেত্রে ৪র্থ শক্তিস্তরে ১৮টি ইলেকট্রন আছে]

**এছাড়া এ সব d-ব্লক মৌল অনেক ক্ষেত্রেই পরিবর্তনশীল জারণ সংখ্যা দেখায়।** যেমন,

Fe(26) : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$

$Fe^{2+}$ : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6\ 3d^6}$ [এক্ষেত্রে ৩য় শক্তিস্তরে ১৪টি ইলেকট্রন আছে]

$Fe^{3+}$ : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \boxed{3s^2\ 3p^6\ 3d^5}$ [এক্ষেত্রে ৩য় শক্তিস্তরে ১৩টি ইলেকট্রন আছে]

## ৬.৮। আয়নিক যৌগের সাধারণ ধর্মাবলি

**General Properties of Ionic Compounds**

আয়নিক যৌগের কতগুলো সাধারণ ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য আছে। এগুলো হচ্ছে ঃ

(১) সকল আয়নিক যৌগ কঠিন অবস্থায় কেলাস বা স্ফটিকাকারে থাকে।

(২) বিভিন্ন আয়নিক যৌগের ইলেকট্রনিক গঠন অভিন্ন হলে কঠিন অবস্থায় এদের স্ফটিক গঠন একই রূপ হয়।

(৩) আয়নিক যৌগসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি হয়। এরা অনুদ্বায়ী হয়।

http://pdfcorner.com

(৪) আয়নিক যৌগসমূহ সাধারণত পোলার দ্রাবকে যেমন পানিতে দ্রবণীয় এবং অপোলার দ্রাবকে যেমন কেরোজিনে অদ্রবণীয় হয়।

(৫) কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগসমূহ বিদ্যুৎ অপরিবাহী; কিন্তু গলিত অবস্থায় ও দ্রবণে আয়নিক যৌগসমূহ বিদ্যুৎ পরিবহন করে। এ সময় তড়িৎ বিশ্লেষণ সংঘটিত হয়।

(৬) আয়নিক কেলাস বা স্ফটিকসমূহ ভঙ্গুর হয়।

(৭) আয়নিক যৌগসমূহের মধ্যে বিক্রিয়ার গতি অত্যধিক দ্রুত হয়।

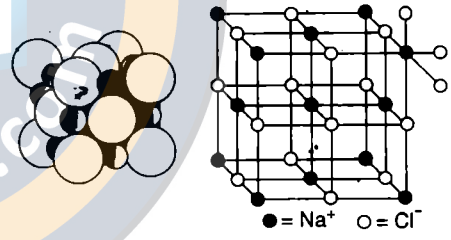
(৮) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নিক যৌগের আয়নসমূহ তাদের স্বকীয়তা বজায় রাখে।

## ৬.৮.১। আয়নিক যৌগের সাধারণ ধর্মাবলির ব্যাখ্যা
### Explanation of General Properties of Ionic Compounds

**(১) আয়নিক যৌগের কেলাস গঠন (Crystal Structure) ঃ সকল আয়নিক যৌগ কঠিন অবস্থায় কেলাসাকারে থাকে। তাদের কেলাস ল্যাটিসসমূহ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা সুশৃঙ্খল জ্যামিতিক আকারে এমনভাবে সজ্জিত থাকে যেন একই ধরনের আধানবিশিষ্ট আয়নসমূহ পরস্পর থেকে যত দূরে সম্ভব এবং বিপরীত আধানবিশিষ্ট আয়নসমূহ যত নিকটে সম্ভব অবস্থান করতে পারে।**

আয়নিক যৌগে এককভাবে কোন অণুর অস্তিত্ব নেই। যেমন NaCl এর কোন অণু নেই। NaCl দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে $Na^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নসমূহের অনুপাতকে বোঝায়। এজন্য NaCl কে সোডিয়াম ক্লোরাইডের **ফর্মুলা একক** (formula unit) বলে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসের গঠন ৬.২নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। প্রতিটি $Na^+$ আয়ন অষ্টতলকীয়ভাবে ছয়টি সমদূরত্বে অবস্থানকারী $Cl^-$ আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত। অনুরূপভাবে প্রতিটি $Cl^-$ আয়ন অষ্টতলকীয়ভাবে ছয়টি সমদূরত্বে অবস্থানকারী $Na^+$ আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত। অন্যান্য আয়নিক যৌগের গঠন NaCl এর মত না হলেও এদের গঠন বিশেষ বিশেষ জ্যামিতিক আকৃতির হয়। রাসায়নিক সংকেতে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যার অনুপাত এবং তাদের আয়ন ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপরেই কেলাসের আকৃতি নির্ভর করে।




চিত্র ৬.২ ঃ NaCl কেলাস।

**(২) আয়নিক যৌগের সমরূপতা (Isomorphism) ঃ** বিভিন্ন আয়নিক যৌগের ইলেকট্রনিক গঠন একই রকম হলে কঠিন অবস্থায় এদের কেলাস গঠনও একই রূপ হয়। দুটি যৌগের কেলাসের গঠন একই রকম হলে তাদেরকে **সমরূপী কেলাস** বলে এবং তাদের সমরূপী কেলাস গঠনের ধর্মকে **সমরূপতা** বলা হয়; যেমন NaF ও MgO-এর ইলেকট্রনিক গঠন একই রূপ হওয়ায় তাদের কেলাস গঠনও একইরূপ ঃ

$NaF$ : $Na^+ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$; $F^- (1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$

$MgO$ : $Mg^{2+} (1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$; $O^{2-} (1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$

অনুরূপভাবে $K_2S$ ও $CaCl_2$ কেলাসের গঠন পরস্পরের সাথে সমরূপী (Isomorphous)

$K_2S$ : $2K^+ (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6) + S^{2-} (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6)$

$CaCl_2$ : $Ca^{2+} (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6) + 2Cl^- (1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6)$

অনুরূপভাবে সবুজ ভিট্রিওল ($FeSO_4 . 7H_2O$) ও ইপসন্–সল্ট ($MgSO_4 . 7H_2O$) কেলাসের গঠন পরস্পরের সমরূপী।

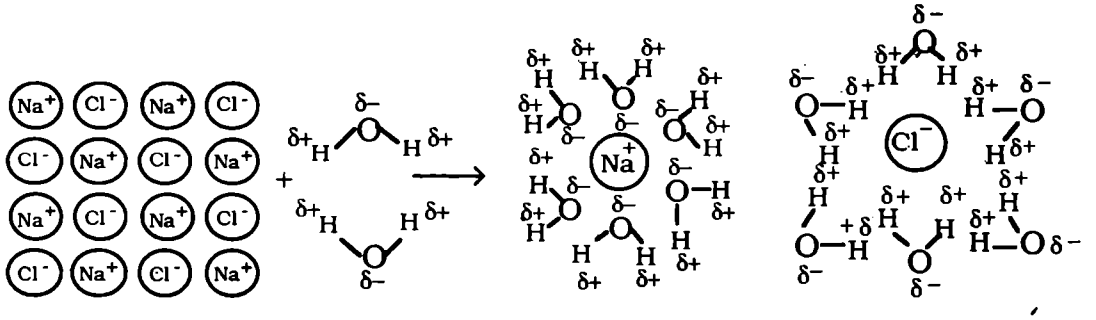
http://pdfcorner.com

**(৩) আয়নিক যৌগের উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক (High Melting Point & Boiling Point of Ionic Compounds) :** যে কোন কঠিন আয়নিক পদার্থের আয়নসমূহ নির্দিষ্ট অনুপাতে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ শক্তি দ্বারা কেলাস জালিতে নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে। যেমন NaCl যৌগের কেলাসে $Na^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নসমূহ স্থির বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে পরস্পরের প্রতি সুদৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট হয়ে কেলাস জালিতে বা ল্যাটিসে আবদ্ধ থাকে। তাই আয়নিক যৌগের যেমন NaCl এর কেলাস থেকে আয়নগুলোকে পৃথক করে বিগলিত করতে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন হয়। ফলে **আয়নিক যৌগসমূহের গলনাঙ্ক অনেক বেশি।** যেমন, NaCl গলনাঙ্ক 815°C এবং অপরদিকে সমযোজী যৌগ $CCl_4$ এর গলনাঙ্ক −23°C।

কোন আয়নিক যৌগকে বাষ্পীভূত করতে বেশি শক্তির প্রয়োজন হয়। কেননা তরল অবস্থায় বিপরীত আয়নসমূহ পরস্পরের সংস্পর্শে থাকায় তাদের মধ্যে শক্তিশালী আকর্ষণ থাকে। বাষ্পীভবনের সময় এদেরকে পরস্পর থেকে পৃথক করতে হয়। এ কারণে **আয়নিক যৌগসমূহের স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি।** যেমন, NaCl-এর স্ফুটনাঙ্ক 1470°C। কিন্তু সমযোজী যৌগ $CCl_4$ এর স্ফুটনাঙ্ক 76.5°C এবং সমযোজী যৌগ বেনজিন ($C_6H_6$)-এর স্ফুটনাঙ্ক 80°C।

**(৪) আয়নিক যৌগের পানিতে দ্রবণীয়তা (Solubility of ionic compounds) : আয়নিক যৌগ সাধারণত পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয় এবং অপোলার দ্রাবকে (non-polar) অদ্রবণীয়।** পোলার যৌগ বলতে এমন যৌগ বোঝায় যার এক প্রান্তে ধনাত্মক ও অন্য প্রান্তে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়, পানি এরূপ একটি পোলার দ্রাবক। তরল $NH_3$, নাইট্রিক এসিড, তরল $SO_2$, তরল HX সমূহ পোলার দ্রাবক। অপোলার দ্রাবকসমূহের মধ্যে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ($CCl_4$), বেনজিন ($C_6H_6$), হেপ্টেন ($C_7H_{16}$), কেরোসিন, ডিজেল প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

পোলার দ্রাবক পানিতে আয়নিক যৌগ যেমন NaCl কীভাবে দ্রবীভূত হয় তা ৬.৩নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। পোলার দ্রাবকের যেমন পানি অণুর দুই প্রান্তে দুটি মেরু থাকে। আয়নিক যৌগের যেমন, NaCl এর কেলাসকে দ্রবীভূত করার সময় পানির ঋণাত্মক মেরু $\overset{+}{N}a\overset{-}{Cl}$ এর ধনাত্মক আয়নের দিকে এবং পানির ধনাত্মক মেরু $\overset{+}{N}a\overset{-}{Cl}$ এর ঋণাত্মক আয়নের দিকে আবর্তিত হয়। ফলে NaCl এর $Na^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নসমূহ পানি অণু দ্বারা আকর্ষিত হয় এবং কেলাস ল্যাটিস থেকে ক্রমশ দ্রবণে চলে আসে। $Na^+$ ও $Cl^-$ আয়নসমূহ দ্রবণে পুরোপুরি মুক্ত থাকে না। তারা দ্রাবক পানি অণুর সাথে সংযোজিত থাকে (solvated)। জলীয় দ্রবণে আয়নিক যৌগের আয়নসমূহের এরূপে পানি অণু সংযোজিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে **পানি-যোজন বা হাইড্রেশন** (Hydration) বলা হয়। পানি-যোজন হল একটি তাপোৎপাদী প্রক্রিয়া। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের সাথে পানি অণুর সংযোগের সময় নির্গত শক্তিকে **হাইড্রেশন শক্তি** বলে। এ নির্গত তাপ শক্তির প্রভাবে NaCl এর কেলাস-ল্যাটিস থেকে আয়নগুলো পৃথক হয়ে পানিতে দ্রবীভূত থাকে।




চিত্র ৬.৩ : পোলার দ্রাবক পানিতে NaCl কেলাসের দ্রবণ তৈরির প্রক্রিয়া।



http://pdfcorner.com

**দ্রবণীয়তার শর্ত ঃ** সাধারণত আয়নিক যৌগের **হাইড্রেশন শক্তি–এর ল্যাটিস–শক্তি বা কেলাস ল্যাটিস ভাঙার শক্তির চেয়ে বেশি হলে তবে ঐ যৌগ পানিতে দ্রবীভূত হয়।** যেমন AgCl, AgBr, AgI, $BaSO_4$, $PbSO_4$ ইত্যাদির হাইড্রেশন শক্তি তাদের ল্যাটিস শক্তির চেয়ে কম। তাই এ সব যৌগ পানিতে অদ্রবণীয়।

AgCl পানিতে অদ্রবণীয় কিন্তু AgF পানিতে দ্রবণীয়; এর কারণ ফ্লোরাইড আয়ন ($F^-$) এর আকার খুব ছোট হওয়ায় $F^-$ আয়নের পানিযোজন খুব ঘনিষ্ঠভাবে ঘটে। তাই $F^-$ আয়নের হাইড্রেশন শক্তি Cl আয়নের চেয়ে বেশি হয়। ফলে $Ag^+$ ও $F^-$ আয়নদ্বয়ের মোট হাইড্রেশন শক্তি তাদের কেলাস ল্যাটিস শক্তির চেয়ে বেশি হয় এবং **AgF পানিতে দ্রবীভূত হয়।** অপরদিকে AgCl –এর হাইড্রেশন শক্তি–এর ল্যাটিস শক্তির চেয়ে কম হওয়ায় AgCl পানিতে অদ্রবণীয় থাকে।

আবার $PbCl_2$ ঠান্ডা পানিতে অদ্রবণীয়, কিন্তু গরম পানিতে দ্রবণীয়। এর কারণ $PbCl_2$ এর হাইড্রেশন শক্তির চেয়ে ল্যাটিস্ শক্তি সামান্য বেশি। তাপ প্রয়োগ করলে ঐ তাপ শক্তি হাইড্রেশন শক্তির সহযোগীরূপে ল্যাটিস্ শক্তিকে অতিক্রম করে এবং উত্তপ্ত অবস্থায় $PbCl_2$ গরম পানিতে দ্রবীভূত থাকে।

**(৫) আয়নিক যৌগের তড়িৎবাহিতা (Electrical Conductivity) ঃ** কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগে যেমন $\overset{+}{Na}\overset{-}{Cl}$ এ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নসমূহ কেলাস ল্যাটিসে নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে বলে এরা বিদ্যুৎ অপরিবাহী। কিন্তু গলিত অবস্থায় এবং জলীয় দ্রবণে আয়নসমূহ কেলাস ল্যাটিস থেকে মুক্ত হয়ে ইতস্তত পরিভ্রমণ করে। **ফলে গলিত অবস্থায় এবং দ্রবণে আয়নিক যৌগসমূহ বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে।**

$$NaCl(\ell) \longrightarrow Na^+(\ell) + Cl^-(\ell) \quad [\text{গলিত অবস্থায়}]$$

$$NaCl(s) + aq \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq) \quad [\text{জলীয় দ্রবণে}]$$

তরল আয়নিক যৌগ বা আয়নিক যৌগের দ্রবণে দুটি ইলেকট্রোড প্রবেশ করালে ঋণাত্মক–আয়নসমূহ পজিটিভ ইলেকট্রোড বা অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়ে সেদিকে ধাবিত হয় এবং ধনাত্মক আয়নসমূহ ঋণাত্মক ইলেকট্রোড বা ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয়। ধনাত্মক আয়নসমূহ ঋণাত্মক ইলেকট্রোডে পৌছার পর তা থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জ নিরপেক্ষ ধাতুতে পরিণত হয়।

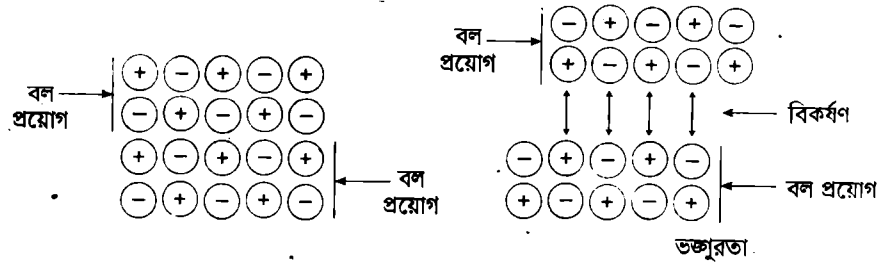
$$M^{n+} + ne^- \longrightarrow M \text{ (ক্যাথোড প্রান্তে)}$$

অপরদিকে ঋণাত্মক আয়নসমূহ ধনাত্মক ইলেকট্রোডে ইলেকট্রন দান করে চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণুতে পরিণত হয়। অবশ্য সাধারণত এ পরমাণুসমূহ নিজেদের সাথে সংযুক্ত হয়ে অণু তৈরি করে ঃ

$$X^{m-} \longrightarrow X + me^- \text{ (অ্যানোড প্রান্তে)}; X + X \longrightarrow X_2$$

এভাবেই আয়নিক যৌগসমূহ গলিত অবস্থায় বা জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহন করে থাকে।

**(৬) আয়নিক যৌগের ভঙ্গুরতা (Brittleness) ঃ আয়নিক কেলাসসমূহ ভঙ্গুর** অর্থাৎ এদের বিকৃত করতে গেলে এরা ভেঙে যায়। এর কারণ ব্যাখ্যার জন্য NaCl আয়নিক কেলাসকে উদাহরণ হিসেবে গ্রহণ করা যেতে পারে। সাধারণভাবে এ যৌগে প্রতিটি আয়ন এর বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। ৬.৪নং চিত্রে NaCl-এর কেলাসকে বল প্রয়োগে বিকৃত করা হচ্ছে। আয়নসমূহের একটি স্তর অন্যস্তরের তুলনায় এক একক দূরত্ব পর্যন্ত অপসারিত হওয়ার পর সমধর্মী আয়নসমূহ পরস্পরের নিকটে আসে। ফলে এদের মধ্যে বিকর্ষণের সৃষ্টি হয় এবং বিকর্ষণের ফলে স্তর দুটি পরস্পর থেকে পৃথক হয়ে যায়। এ কারণে আয়নিক যৌগের কেলাসসমূহ ভঙ্গুর হয়।




চিত্র ৬.৪ ঃ আয়নিক স্ফটিকের ভঙ্গুরতা।

http://pdfcorner.com

**(৭) আয়নিক যৌগের বিক্রিয়ার দ্রুতগতি (Fast rate of reaction) ঃ** দ্রবণে আয়নিক যৌগের আয়নসমূহ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় সমস্ত দ্রবণব্যাপী ছড়িয়ে থাকে। ফলে দুটি আয়নিক যৌগের দ্রবণকে মিশ্রিত করলে যদি কোন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তবে তার গতি এত দ্রুত হয় যে ঐ বিক্রিয়ার গতি নির্ণয় করা বেশ কঠিন। যেমন আয়নিক যৌগ $AgNO_3$ ও NaCl-এর বিক্রিয়া বা $BaCl_2$ এর সাথে $K_2SO_4$ এর বিক্রিয়ার গতি এতই বেশি যে এটা তাৎক্ষণিকরূপে প্রতীয়মান হয়।

$$Ag\,NO_3(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow AgCl\,(s) + NaNO_3(aq)$$
$$BaCl_2\,(aq) + K_2SO_4\,(aq) \longrightarrow BaSO_4\,(s) + 2KCl\,(aq)$$

**(৮) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহের স্বকীয়তা (Individuality) ঃ** আয়নিক যৌগে বিপরীত চার্জযুক্ত আয়ন পরস্পরের মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক বলের সাহায্যে আকৃষ্ট হলেও **তারা পৃথক পৃথক সত্তা বজায় রাখে; যেমন** $AgNO_3$ দ্রবণ যে কোন আয়নিক ক্লোরাইডের দ্রবণের সাথে মিশ্রিত করলেই AgCl-এ অধঃক্ষেপ পড়বে; তা NaCl, KCl, $MgCl_2$ যাই হোক না কেন। প্রকৃতপক্ষে $AgNO_3$ এর পরিবর্তে যে কোন Ag লবণ হলেই চলবে, যা জলীয় দ্রবণে $Ag^+$ প্রদান করে।

**সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে এ ধরনের স্বকীয়তা দেখা যায় না।** যেমন, $PCl_3$, $PCl_5$, $S_2Cl_2$, $CH_3Cl$, $CCl_4$ প্রভৃতি বিভিন্ন সমযোজী ক্লোরাইডের এ ধরনের কোন সুনির্দিষ্ট বিক্রিয়া নেই।

## ৬.৯। সমযোজী বন্ধন
### Covalent Bond

আয়নিক বন্ধন সৃষ্টির সময় একটি ধাতব পরমাণু অপর অধাতব পরমাণুকে ইলেকট্রন দান করে। অপরদিকে দুটি অধাতব পরমাণুর মধ্যে এরূপ ইলেকট্রন আদান-প্রদান সম্ভব হয় না। তখন অধাতব দুটি পরমাণু সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি ও তা সমভাবে শেয়ার করে তাদের বহিঃস্তরে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে। এরূপ **শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল** দ্বারা উভয় পরমাণু আবদ্ধ হয়ে অণু গঠন করে থাকে।

**সমযোজী বন্ধনের সংজ্ঞা ঃ অধাতব পরমাণুসমূহের সংযোগের সময় সংশ্লিষ্ট পরমাণুসমূহ সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে এবং ঐ ইলেকট্রন যুগল সংশ্লিষ্ট উভয় পরমাণু সমভাবে শেয়ার করে নিজ নিজ নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মত স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জনের মাধ্যমে যে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, তাকে সমযোজী বন্ধন বলে।**

**সমযোজী বন্ধন** গঠনের শর্ত ঃ (১) দুটি অধাতব পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন ঘটে।

(২) উভয় অধাতব পরমাণু সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে তা উভয় পরমাণু সমভাবে শেয়ার করে থাকে।

সমযোজী বন্ধনে সৃষ্ট মৌলিক অণু বা যৌগকে সমযোজী অণু বা যৌগ বলা হয়। শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রভাবে মৌলিক অণুর বেলায় মাঝখানে এবং যৌগ অণুর বেলায় প্রায় মাঝখানে থাকে। সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ঐ ইলেকট্রন যুগলকে **বন্ধন ইলেকট্রন যুগল** (bond electron pair) বলে। সমযোজী বন্ধন দ্বারা মৌলিক গ্যাসের অণু এবং বিভিন্ন অধাতব যৌগ অণু গঠিত হয়ে থাকে।

**(ক) সমযোজী বন্ধন দ্বারা মৌলিক অণু গঠন ঃ**

**উদাহরণ ১। সমযোজী বন্ধন দ্বারা হাইড্রোজেন অণু গঠন ঃ সমযোজী একক বন্ধন গঠন ঃ**

প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন ($1s^1$) আছে। যখন দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু একত্রিত হয় তখন উভয় পরমাণু থেকে একটি করে ($1s^1$) ইলেকট্রন যোগান দিয়ে একটি ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে। ঐ ইলেকট্রন যুগল দুটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে পরিবেষ্টন করে চলে। ফলে প্রতিটি H পরমাণু নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়াম-এর ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে। এভাবেই হাইড্রোজেন অণু সৃষ্টি হয়।

http://pdfcorner.com

দুটি H পরমাণুর ইলেকট্রনকে ডট (•) ও ক্রস চিহ্ন ( × ) এর সাহায্যে প্রকাশ করে বন্ধন ইলেকট্রন যুগল উভয় পরমাণুর মাঝখানে দেখানো হল।

$$H^{\bullet} + {}^{\times}H \longrightarrow H^{\bullet}\,{}^{\times}H \quad \text{বা, } H{-}H \quad \text{বা, } H_2$$

উভয় হাইড্রোজেন পরমাণু একটি মাত্র ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে উভয়ের মধ্যে একটি মাত্র বন্ধন গঠন করেছে। তাই একে **সমযোজী একক বন্ধন** বলা হয়।

**উদাহরণ ২। সমযোজী বন্ধন দ্বারা অক্সিজেন অণু গঠন ঃ সমযোজী দ্বিবন্ধন গঠন ঃ**

অক্সিজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $O(8) = 1s^2 2s^2 2p_x^2 \boxed{2p_y^1 2p_z^1}$ থেকে বোঝা যায় যে, এর দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই এটি আরও দুটি ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম। দুটি অক্সিজেন পরমাণু একত্রিত হলে তারা উভয়ে দুটি করে ইলেকট্রন যোগান দিয়ে **দুটি ইলেকট্রন যুগল** সৃষ্টি করে এবং উভয় পরমাণু ঐ দুটি ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে তাদের অষ্টক পূর্ণ করে।

$$\ddot{O}: + {}^{\times\times}_{\times\times}\!O \longrightarrow \ddot{O}:\,{}^{\times\times}_{\times\times}\!O \quad \text{বা,} \quad \ddot{O}{=}{}^{\times\times}_{\times\times}\!O \quad \text{বা, } O_2$$

এক্ষেত্রে অক্সিজেন অণুতে দুটি ইলেকট্রন যুগল শেয়ারকৃত অবস্থায় আছে। প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর আরও দুটি করে **'নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল'** আছে।

প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ৬টি ইলেকট্রন থাকলেও বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রত্যেকে দুটি করে বিজোড় ইলেকট্রন ($2p_y^1 2p_z^1$) ব্যবহার করে। অন্য দুই জোড়া করে ইলেকট্রন ($2s^2 2p_x^2$) উভয় পরমাণুই সম্পূর্ণ নিজস্ব হিসাবে নিজের নিউক্লিয়াসের প্রভাবে রেখে দেয়। এ ধরনের সমযোজী অণুতে অশেয়ারকৃত জোড়া ইলেকট্রনকে **'নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল'** বলা হয়।

**উদাহরণ ৩। সমযোজী বন্ধন দ্বারা নাইট্রোজেন অণু গঠন ঃ সমযোজী ত্রিবন্ধন গঠন ঃ**

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $N(7) = 1s^2 2s^2 \boxed{2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1}$ অর্থাৎ এর ২য় শক্তিস্তরে যোজনী ইলেকট্রন ৫টি এবং এতে তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। সুতরাং দুটি নাইট্রোজেন পরমাণু একত্রিত হলে এরা প্রত্যেকে তিনটি করে ইলেকট্রন যোগান দিয়ে তিনটি **ইলেকট্রন যুগল** সৃষ্টি ও শেয়ার করে তাদের অষ্টক পূর্ণ করে। লুইস প্রতীক দ্বারা অর্থাৎ ইলেকট্রনকে ডট ও ক্রস চিহ্ন দ্বারা তা নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ

$$\ddot{N}: + {}^{\times\times\times}_{\times}\!N \longrightarrow \ddot{N}:\,{}^{\times\times\times}_{\times}\!N \quad \text{বা, } N{\equiv}N \quad \text{বা, } N_2$$

দুটি পরমাণু নিজেদের মধ্যে তিনটি ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে যে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়, তাকে সমযোজী ত্রিবন্ধন বলে। নাইট্রোজেন অণুতে এরূপ ত্রিবন্ধন থাকে।

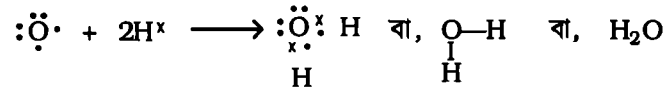
**(খ) সমযোজী বন্ধন দ্বারা যৌগ অণু গঠন ঃ**

**উদাহরণ ১। HCl অণুর গঠন ঃ** হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $H(1) = 1s^1$ এবং ক্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $Cl\,(17) = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 \boxed{3p_z^1}$ অর্থাৎ H-পরমাণুতে যোজনী ইলেকট্রন হল ১টি এবং Cl-পরমাণুতে যোজনী ইলেকট্রন হল ৭টি এবং এতে বিজোড় ইলেকট্রন আছে ১টি। তাই হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন তাদের বিজোড় ইলেকট্রন দিয়ে একটি ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি ও শেয়ার করে। ফলে হাইড্রোজেন পরমাণুর সর্বমোট দুটি এবং ক্লোরিন পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে সর্বমোট ৮টি ইলেকট্রন পাওয়া সম্ভব হয়। ফলে H ও Cl পরমাণুর মধ্যে **সমযোজী একক বন্ধন** সৃষ্টি হয়।

$$H^{\times} + {}^{\bullet}\ddot{Cl}: \longrightarrow H^{\times}\,{}^{\bullet}\ddot{Cl}: \quad \text{বা,} \quad H-Cl \quad \text{বা,} \quad HCl$$

http://pdfcorner.com

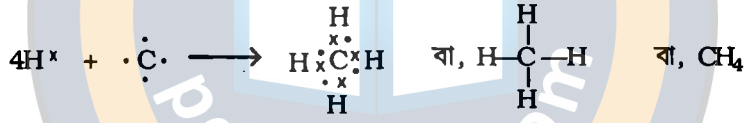
**উদাহরণ ২। $H_2O$ অণু গঠন ঃ** হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল, H(1) = $1s^1$ এবং অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল, O (8) = $1s^2 2s^2 2p_x^2 \boxed{2p_y^1 2p_z^1}$ । অর্থাৎ H-পরমাণুর যোজনী ইলেকট্রন হল ১টি এবং O-পরমাণুর যোজনী ইলেকট্রন হল ৬টি এবং এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই ২টি H-পরমাণু ও ১টি O-পরমাণু তাদের মধ্যে ২টি ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি ও শেয়ার করে ২টি পৃথক সমযোজী একক বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পানি অণু গঠন করে।



**উদাহরণ ৩। $CH_4$ অণু গঠন ঃ** একটি কার্বন পরমাণুর সাথে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সংযোগে মিথেন অণু ($CH_4$) সৃষ্টি হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হল, C(6) = $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ । উত্তপ্ত অবস্থায় কার্বন পরমাণু শক্তি শোষণ করে $2s^2$ অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রনকে খালি $2p_z^0$ অরবিটালে প্রেরণ করে; তখন ঐ কার্বন পরমাণুকে উদ্দীপিত কার্বন বলে এবং এর ইলেকট্রন বিন্যাস হল নিম্নরূপ।

(উদ্দীপিত কার্বন) $^*C = 1s^2 \boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1}$ ; $H = 1s^1$

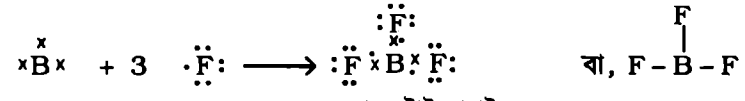
পরে ঐ কার্বনের চারটি বিজোড় ইলেকট্রনের সাথে চারটি H পরমাণু চারটি সমযোজী একক বন্ধন দ্বারা $CH_4$ অণু গঠন করে। তখন C পরমাণুর চারদিকে চারজোড়া ইলেকট্রন এবং H পরমাণুর চারদিকে দুটি ইলেকট্রন থাকে।



## ৬.১০। সমযোজী বন্ধনের সীমাবদ্ধতা ঃ অষ্টক নিয়মের ব্যতিক্রম
**Limitations of covalent bond : Deviation from Octet Rule**

যদিও প্রায় সব সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে অষ্টক নিয়ম প্রযোজ্য, তবুও কোন কোন ক্ষেত্রে অষ্টক নিয়ম লঙ্ঘিত হয়। এ ব্যতিক্রম বা লঙ্ঘন দু প্রকারে হতে পারে ঃ

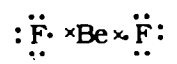
**(১) অসম্পূর্ণ অষ্টক (Incomplete Octet) ঃ** এমন কিছু যৌগ আছে [ যেমন $BeCl_2$, $BF_3$] যাদের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ৮টির কমসংখ্যক ইলেকট্রন আছে। সাধারণত গ্রুপ IIA এর Be এবং গ্রুপ IIIA এর B মৌলসমূহ এ ধরনের যৌগ তৈরি করে। যেমন, বোরনের ইলেকট্রন বিন্যাস, B(5) = $1s^2 \boxed{2s^2\ 2p_x^1}$ । যৌগ সৃষ্টির পূর্ব মুহূর্তে এর $2s^2$ থেকে একটি ইলেকট্রন $2p_y$ অরবিটালে যায়। এটি B এর উদ্দীপিত অবস্থা যেমন $1s^2 \boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1}$ । যেহেতু এ অবস্থায় এর **যোজনী শেলে মাত্র তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে, সেহেতু** এটি অন্য পরমাণুর সাথে এ তিনটি ইলেকট্রন শেয়ার করতে পারে। তখন সমযোজী যৌগসমূহে বোরন পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ৬টি ইলেকট্রন থাকবে। যেমন, বোরন ট্রাইফ্লোরাইড ($BF_3$) অণুর ক্ষেত্রে বোরনের বাইরের স্তরে ৬টি ইলেকট্রন অর্থাৎ অসম্পূর্ণ অষ্টক থাকে।



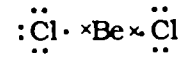
বোরন ট্রাইফ্লোরাইড
(B এর চারদিকে 6টি ইলেকট্রন)

http://pdfcorner.com

অপূর্ণ অষ্টক বিশিষ্ট সমযোজী যৌগের আরও কিছু উদাহরণ নিম্নে দেয়া হল। যেমন,

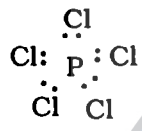


বেরিলিয়াম ফ্লোরাইড
(Be এর চারদিকে 4টি ইলেকট্রন)



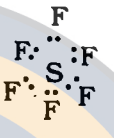
বেরিলিয়াম ক্লোরাইড
(Be এর চারদিকে 4টি ইলেকট্রন)

**(২) অষ্টক সম্প্রসারণ (Expansion of Octet) ঃ** এমন কিছু সংখ্যক যৌগ আছে যেমন $PCl_5$, $SF_4$, $SF_6$, $IF_7$ ইত্যাদি যাদের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ৮টির বেশি ইলেকট্রন থাকে। এটি পর্যায় সারণির তৃতীয় ও পরবর্তী অন্যান্য পর্যায়ের মৌলগুলোর বেলায় সম্ভব। যেমন, $PCl_5$, $SF_4$ যৌগের ফসফরাস ও সালফার পরমাণুর বহিঃস্তরে ১০টি এবং $SF_6$ যৌগে সালফার পরমাণুর সর্বশেষ স্তরে ১২টি ইলেকট্রন রয়েছে। এমনকি $IF_7$ যৌগে আয়োডিন পরমাণুর বহিঃস্তরে ১৪টি ইলেকট্রন আছে।

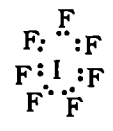


ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড
P এর চারদিকে ১০টি ইলেকট্রন

সালফার টেট্রাফ্লোরাইড
S এর চারদিকে ১০টি ইলেকট্রন



সালফার হেক্সাফ্লোরাইড
S এর চারদিকে ১২টি ইলেকট্রন



আয়োডিন হেপ্টাফ্লোরাইড
I এর চারদিকে ১৪টি ইলেকট্রন

এ ধরনের অন্যান্য যৌগ হচ্ছে আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ যেমন $ICl_3$, $IBr_3$, $ClF_3$ প্রভৃতি।

উল্লেখ্য এসব যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সর্বশেষ ইলেকট্রন স্তরে অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটলেও উৎপন্ন যৌগসমূহ বেশ স্থায়ী। লুইসের 'অষ্টক নিয়ম' যৌগ অণুর এরূপ স্থায়িত্বের ব্যাখ্যা দিতে পারে না।

**অষ্টক সম্প্রসারণের ব্যাখ্যা ঃ উদাহরণ–১।** $NCl_5$ এর অস্তিত্ব নেই; কিন্তু $PCl_5$ এর অস্তিত্ব আছে;–এর ব্যাখ্যা ঃ

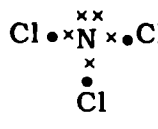
পর্যায় সারণির গ্রুপ VA এর মৌল N ও P এর বেলায় দেখা যায়, ফসফরাস ক্লোরিনের সাথে $PCl_3$ ও $PCl_5$ গঠন করে। কিন্তু নাইট্রোজেন কেবল $NCl_3$ গঠন করে, $NCl_5$ গঠন করে না। এর কারণ অষ্টক সম্প্রসারণ দ্বারা ব্যাখ্যা করা হল। N ও P এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ–

N(7) $\longrightarrow Is^2 2s^2 \boxed{2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1}$

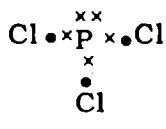
P(15) $\longrightarrow Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 \boxed{3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1} 3d^0$

$P^*(15) \longrightarrow Is^2 2s^2 2p^6 \boxed{3s^1 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1 3d_{xy}^1}$

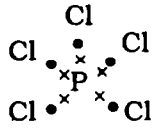
এবং Cl (17) $\longrightarrow Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 \boxed{3p_z^1}$



N এর অষ্টক পূর্ণ ইলেকট্রন



P এর অষ্টক পূর্ণ ইলেকট্রন



P এর চারদিকে 10টি ইলেকট্রন

সুতরাং N পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় একটি N পরমাণু তিনটি Cl এর সাথে $NCl_3$ এবং অনুরূপভাবে একটি P পরমাণু তিনটি Cl পরমাণুর সাথে $PCl_3$ গঠন করতে পারে।

http://pdfcorner.com

কিন্তু P এর যোজ্যতা স্তরে খালি 3d-অরবিটাল থাকায় এর $3s^2$ এর একটি ইলেকট্রন উদ্দীপিত অবস্থায় $3d_{xy}$-অরবিটালে উন্নীত হলে P এর যোজ্যতা স্তরে পাঁচটি বিজোড় ইলেকট্রন ($3s^1 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1 3d_{xy}^1$) পাঁচটি Cl পরমাণুর সাথে $PCl_5$ গঠন করে। এরূপে P এর অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটে।

অপরদিকে, N এর যোজ্যতা স্তর যেমন ২য় শক্তিস্তরে d অরবিটাল থাকে না বলে এটি অষ্টক সম্প্রসারণ করতে পারে না। ফলে $NCl_5$ গঠন করতে পারে না।

**উদাহরণ–২।** S, I পরমাণু অষ্টক সম্প্রসারণ করে F এর সাথে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে $SF_4$, $SF_6$ এবং $IF_7$ গঠন করে থাকে। তাদের অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস উপরে দেয়া আছে।

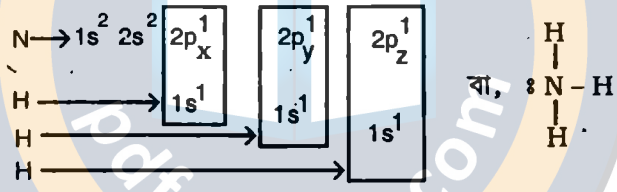
**সমস্যা–১।** $SF_4$ ও $SF_6$ এর অস্তিত্ব আছে; কিন্তু $OF_4$ ও $OF_6$ এর অস্তিত্ব নেই কেন?

**সমাধান ঃ** উদাহরণ–১। এর বক্তব্য অনুসরণ কর।

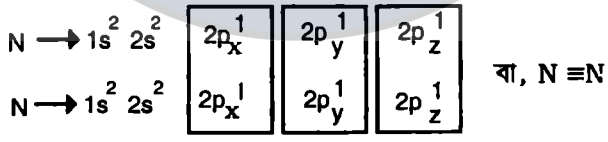
## ৬.১০.১। সমযোজী বন্ধনে দুই-এর নিয়ম
### Rule of Two in Covalent Bond

আধুনিক মতানুসারে তথাকথিত **অষ্টক নিয়মের** পরিবর্তে **'দুই–এর নিয়ম'** (rule of two) সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যায় অধিকতর উপযোগী। এ তত্ত্ব অনুযায়ী কোন পরমাণুতে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন থাকলে তা অন্য পরমাণুর অযুগ্ম ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে যুগ্ম বা জোড়বন্ধ হয় এবং এভাবে সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়।

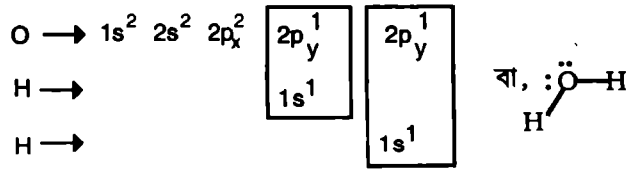
**উদাহরণ ১। $NH_3$ অণু গঠন ঃ** নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ থেকে দেখা যায় যে, এতে তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। এরা হাইড্রোজেন পরমাণুর ১টি করে অযুগ্ম ইলেকট্রন $1s^1$ এর সাথে জোড়বন্ধ হয়ে $NH_3$ অণু গঠন করে।




**উদাহরণ ২। $N_2$ অণু গঠন ঃ** নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $1s^2 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ (হুন্ডের নিয়ম মতে) অর্থাৎ একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন অপর একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রনের সাথে জোড়বন্ধ হয়ে নাইট্রোজেন অণু ($N \equiv N$) গঠন করে।




**উদাহরণ ৩। $H_2O$ অণু গঠন ঃ** অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ ( হুন্ডের নিয়ম অনুযায়ী ) অর্থাৎ অক্সিজেন পরমাণুর দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। এরা প্রত্যেকে পৃথকভাবে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর অযুগ্ম ইলেকট্রন-এর সাথে জোড়বন্ধ হয়ে পানি অণু $H_2O$ গঠন করে। [$sp^3$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় $H_2O$ অণুর গঠন অনুচ্ছেদ ৬.৩০.২–এ দ্রষ্টব্য।]




http://pdfcorner.com

## ৬.১১। সমযোজী যৌগসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি
### General Properties of Covalent Compounds

সমযোজী যৌগসমূহের ধর্মাবলি এদের আণবিক ভর, আণবিক গঠন প্রভৃতির উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল। নিম্নলিখিত সাধারণ ধর্মাবলি সমযোজী–যৌগে দেখা যায় ঃ

(১) সমযোজী যৌগ সাধারণ অবস্থায় কঠিন, তরল অথবা গ্যাস হতে পারে। যেমন, সমযোজী যৌগ চিনি কঠিন, বেনজিন তরল, মিথেন গ্যাস।

(২) সমযোজী যৌগসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম এবং তারা উদ্বায়ী। তবে আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে এবং উদ্বায়িতা কমে। যেমন $CH_4$ এর গলনাঙ্ক –182.5°C এবং স্ফুটনাঙ্ক –164°C ।

(৩) সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত অপোলার দ্রাবকে যেমন তরল হাইড্রোকার্বনে দ্রবণীয় এবং পোলার দ্রাবকে যেমন পানিতে অদ্রবণীয়। তবে কোন সমযোজী যৌগে পোলারিটি বিদ্যমান থাকলে তা পোলার দ্রাবক পানিতে দ্রবণীয় হয়।

(৪) সমযোজী যৌগসমূহে বিশেষত জৈব যৌগে সমাণুতা দেখা যায়।

(৫) সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত বিদ্যুৎ অপরিবাহী। কারণ তাদের মধ্যে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন থাকে না।

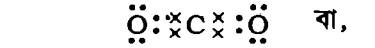
## ৬.১১.১। সমযোজী যৌগসমূহের সাধারণ ধর্মাবলির ব্যাখ্যা
### Explanation of General Properties of Covalent Compounds.

**(১) সমযোজী যৌগের উদ্বায়িতা, নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** সমযোজী মৌলিক অণু ও যৌগের মূল একক হচ্ছে অণু, যাতে পরমাণুসমূহ শেয়ারকৃত ইলেকট্রন দ্বারা পরস্পরের সাথে বন্ধনযুক্ত থাকে। এ বন্ধনসমূহ দৃঢ় ও সহজে ভাঙা যায় না। অপরদিকে একটি অণুর সাথে অন্য অণুর কোন বন্ধন নেই। তাদের মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল রয়েছে। ফলে কঠিন সমযোজী পদার্থকে অল্প তাপ দিলে অণুসমূহের কম্পন গতি এ আকর্ষণ শক্তি অতিক্রম করে। এ কারণে **সমযোজী যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম এবং তারা উদ্বায়ী** (volatile) হয়। যেমন $H_2$ এর গলনাঙ্ক –129°C, স্ফুটনাঙ্ক –253°C। মিথেনের ($CH_4$ এর) গলনাঙ্ক –182.5°C, স্ফুটনাঙ্ক –164°C।

সাধারণত সমযোজী যৌগের অণুর মধ্যে পোলারিটি এবং বিভিন্ন অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন থাকলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি বৃদ্ধি পায়। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি বেশি হলে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। দ্বিতীয়ত, আণবিক ভর বৃদ্ধি পেলে অণুসমূহের কম্পন যথেষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি করতে তুলনামূলকভাবে বেশি পরিমাণ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। সুতরাং একই ধরনের বিভিন্ন যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়। যেমন–

**(ক) দৈত্যাকার অণু ঃ** যে সব পদার্থের আণবিক ভর অত্যধিক বেশি তাদের অণুকে **দৈত্যাকার অণু** (giant molecule) বলা হয়। স্বাভাবিকভাবেই সেসব সমযোজী যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অত্যধিক বেশি। সিলিকা ($SiO_2$), সিলিকন কার্বাইড (SiC) প্রভৃতির সংকেত থেকে বোঝা না গেলেও তাদের অণুসমূহ দৈত্যাকার। ফলে তাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি, এমনকি আয়নিক যৌগ অপেক্ষাও বহু বেশি।

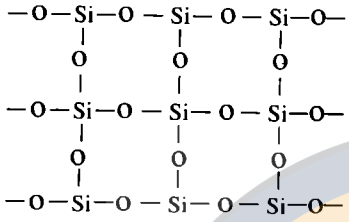
**(খ) কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) ও সিলিকন ডাইঅক্সাইড ($SiO_2$) এর গঠন ঃ** পর্যায় সারণির IVA উপশ্রেণীর দুটি মৌল কার্বন ও সিলিকন উভয়ই ডাইঅক্সাইড যেমন, $CO_2$ ও $SiO_2$ তৈরি করে। একই গ্রুপের দুটি মৌলের ডাইঅক্সাইড হওয়ায় $CO_2$ ও $SiO_2$ এর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে মিল থাকা স্বাভাবিক। কিন্তু **স্বাভাবিক অবস্থায় $CO_2$ হল গ্যাস, $SiO_2$ হল কঠিন পদার্থ।** এর কারণ হল কার্বন ডাইঅক্সাইড **একটি একক অণু।** কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) অণুতে একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে দুটি অক্সিজেন পরমাণু দুই জোড়া ইলেকট্রন শেয়ার করে দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে। $CO_2$ এর আণবিক আকৃতি সরলরৈখিক এবং এর আণবিক গঠন নিম্নরূপ ঃ


বা, O=C=O

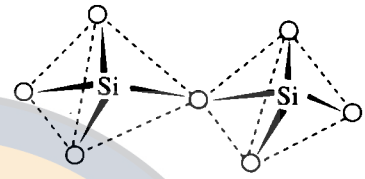
http://pdfcorner.com

$CO_2$ অণুসমূহের মধ্যে কেবল দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস্ বল কার্যকর থাকে এবং সাধারণ তাপমাত্রায় $CO_2$ হল গ্যাস। এটি একক সমযোজী যৌগ হওয়ায় এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম। $CO_2$ এর গলনাঙ্ক – 56°C।

অপরদিকে সিলিকন ডাইঅক্সাইড ($SiO_2$) একটি **পলিমার যৌগ** $(SiO_2)_n$ অর্থাৎ অসংখ্য $SiO_2$ অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে বৃহৎ আকারের সুস্থিত গুচ্ছ অণু সৃষ্টি করে। একে পলিমার যৌগ বলা হয়। সিলিকন ডাইঅক্সাইড পলিমার $(SiO_2)_n$-এর গঠনে প্রতিটি Si পরমাণু চারটি O পরমাণুর সাথে এবং প্রতিটি O পরমাণু দুটি Si পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে চতুস্তলকীয় গঠন সৃষ্টি করে। প্রতিটি চতুস্তলক O পরমাণু দ্বারা পরস্পর যুক্ত হয়ে পলিমার শিকল $(SiO_2)_n$ গঠন করে। এর পলিমার গঠন নিম্নরূপ ঃ



চিত্র, ৬.৫ ঃ $(SiO_2)n$ এর গঠন




চিত্র, ৬.৫(ক) পলিমার শিকলে $SiO_2$-এর সংযোগ ও চতুস্তলকীয় গঠন।

পলিমার যৌগ $(SiO_2)$ এর গলন কালে বহু সমযোজী বন্ধন ভাঙ্গাতে হয় এবং অধিক তাপ শক্তি শোষিত হয়। সুতরাং সিলিকন ডাইঅক্সাইড $SiO_2$-এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি যেমন গলনাঙ্ক 1610 °C ও স্ফুটনাঙ্ক 2230 °C এবং সাধারণ তাপমাত্রায় $SiO_2$ হল কঠিন পদার্থ।

**(গ) শুষ্ক বরফ ঃ** নিম্ন তাপমাত্রায় যেমন 0°C এর নিচে ও উচ্চ চাপে যেমন 30 atm চাপে $CO_2$ গ্যাস কঠিন বরফের মত আকার লাভ করে। $CO_2$ এর কঠিন অবস্থাকে **শুষ্ক বরফ** (dry ice) বলে। কারণ কঠিন $CO_2$ দেখতে বরফের মত; কিন্তু এটি কাপড় বা কাগজকে সিক্ত করে না। বরঞ্চ সাধারণ উষ্ণতায় না গলে এটি উদ্বায়ী হয়ে পড়ে। কিন্তু সাধারণ বরফ গলে যায় এবং কাপড় সিক্ত করে।

উল্লেখযোগ্য যে, আয়নিক যৌগকে বাষ্পায়িত করতে আয়নসমূহকে পরস্পর থেকে পৃথক করতে হয় অর্থাৎ এক্ষেত্রে আয়নিক যৌগের কেলাসের ল্যাটিস শক্তি ও আয়নসমূহের মধ্যস্থ স্থির বৈদ্যুতিক শক্তিকে তাপশক্তি দ্বারা অতিক্রম করতে হয়। তাই আয়নিক যৌগের স্ফুটনাঙ্ক এত বেশি। অপরদিকে বাষ্পীয় অবস্থাতেও সমযোজী যৌগের অণুসমূহ অবিকৃত থাকে। সমযোজী যৌগকে বাষ্পায়িত করতে সমযোজী বন্ধন ভাঙতে হয় না, তরল ও কঠিন অবস্থায় সমযোজী যৌগের অণুসমূহের মধ্যে শুধুমাত্র দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল কার্যকর থাকে। বাষ্পীভবনের সময় শুধুমাত্র এ দুর্বল বলকে অতিক্রম করে অণুসমূহ পরস্পর দূরে সরে যায়; তাই এ সময় বেশি শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। এ কারণে সমযোজী যৌগসমূহ উদ্বায়ী ও নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট।

**(২) সমযোজী যৌগের দ্রবণীয়তা (Solubility) ঃ** সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত **অপোলার দ্রাবকে** (যেমন জৈব দ্রাবকে) দ্রবণীয় এবং **পোলার দ্রাবকে** (যেমন পানিতে) **অদ্রবণীয়**। সমযোজী যৌগসমূহের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ খুবই কম হওয়ায় এরা সহজেই অপোলার দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।

পোলার যৌগের অণুসমূহ পরস্পরের বিপরীত মেরুকে আকর্ষণ করে। কোন পোলার দ্রাবকে অপোলার যৌগ দ্রবীভূত হতে হলে দ্রব অণুসমূহ দ্রাবক অণুসমূহের মধ্যে স্থান নিতে হবে, ফলে তাদের মধ্যকার আকর্ষণ বিঘ্নিত হওয়া স্বাভাবিক। এ কারণে পোলার দ্রাবকসমূহে সাধারণত সত্যিকার সমযোজী যৌগসমূহ দ্রবীভূত হয় না।

কিন্তু পোলার দ্রাবকের সাথে এসব যৌগের যদি কোন ধরনের ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া হয় তবে তারা পোলার দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। যেমন, অ্যামোনিয়া এবং পানি পরস্পরের সাথে রাসায়নিকভাবে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া করে এবং তাদের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন থাকায় অ্যামোনিয়া পানিতে দ্রবীভূত হয় এবং বরফও তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয় ঃ

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

হাইড্রোজেন বন্ধন এবং এ ধরনের স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ শক্তির ফলেও সমযোজী যৌগ পোলার দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়; যেমন, অ্যালকোহলসমূহ, বিভিন্ন কার্বোহাইড্রেট এবং অনেক জৈব এসিড পানিতে দ্রবণীয়।



http://pdfcorner.com

**(৩) সমযোজী যৌগের সমাণুতা (Isomerism) ঃ** সমযোজী যৌগে পরমাণুসমূহ সুনির্দিষ্টভাবে সংযুক্ত থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে যৌগের সর্বমোট সংকেত বা আণবিক সংকেত একই রেখে এ গাঠনিক সংকেত বিভিন্ন রূপ হতে পারে। সে ক্ষেত্রে প্রতিটি ভিন্ন গাঠনিক সংকেত এক একটি আলাদা যৌগ, যাদের ধর্ম ভিন্ন হয়। এদেরকে সমাণু বলা হয়; যেমন, $C_2H_6O$ সংকেতবিশিষ্ট যৌগের গঠন দু'ধরনের হতে পারে। এদের একটি ইথানল, $CH_3CH_2OH$ এবং অপরটি ডাইমিথাইল ইথার, $CH_3–O–CH_3$।

দ্বিতীয়ত, সমযোজী বন্ধন শূন্যে (in space) ত্রিমাত্রিকভাবে বিশেষ বিশেষ দিকে বিস্তৃত হওয়ায় সমযোজী যৌগের অণুতে পরমাণুসমূহের পারস্পরিক বিন্যাস ঠিক রেখেও সমাণুতা সম্ভবপর। এ ধরনের সমাণুতার উদাহরণ হচ্ছে **স্টেরিও সমাণুতা** (stereo isomerism) ও **আলোক সমাণুতা** (optical isomerism)। জৈব রসায়নে এদের প্রচুর উল্লেখ আছে।

**(৪) তড়িৎ পরিবাহিতা (Electrical conductivity) ঃ** যেহেতু সমযোজী যৌগসমূহ কোন আয়ন দ্বারা গঠিত নয়, সেহেতু এরা তড়িৎ অপরিবাহী হয়।

অবশ্য কোন বিশেষ ক্ষেত্রে কোন যৌগ দ্রবণে আয়ন সৃষ্টি করতে পারলে তখন তা তড়িৎ পরিবাহী হয়; যেমন, $NH_3$ কে পানিতে দ্রবীভূত করলে পানির সাথে বিক্রিয়া করে $NH_4^+$ ও $OH^-$ আয়নের সৃষ্টি করে। অপরদিকে HCl পানিতে আয়নিত হয়ে $H^+$ ও $Cl^-$ আয়নের সৃষ্টি করে। এ কারণে তরল অ্যামোনিয়া এবং তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিদ্যুৎ অপরিবাহী হলেও পানিতে এদের দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী।

## ৬.১২। সমযোজী বন্ধন গঠনের আধুনিক মতবাদ

### Modern Theories of Covalent Bond Formation

'দুই-এর নিয়ম' আলোচনাকালে আমরা দেখেছি যে, দুটি পরমাণুর অযুগ্ম ইলেকট্রনসমূহ পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। এখন প্রশ্ন হল, কীভাবে এটি সম্পন্ন হয়? আধুনিক তরঙ্গ বলবিদ্যার উপর ভিত্তি করে এ সমযোজী বন্ধন গঠন সম্পর্কে দুটি মতবাদ আছে। যেমন,

(১) যোজনী বন্ধন মতবাদ (Valence bond theory) ও

(২) আণবিক অরবিটাল মতবাদ (Molecular orbital theory)।

আণবিক অরবিটাল মতবাদটি তুলনামূলকভাবে জটিল হওয়ার এখানে শুধু যোজনী বন্ধন মতবাদের সাহায্যে সমযোজী বন্ধন গঠন সংক্ষেপে আলোচনা করা হল।

বিজ্ঞানী হিটলার ও লন্ডন (Heitler and London) সমযোজী বন্ধনের **'যোজনী বন্ধন মতবাদ'** সর্বপ্রথম উপস্থাপন করেন এবং পরে বিজ্ঞানী পলিং ও স্লেটার (Pouling and Slater) এ মতবাদের কিছুটা সংশোধন করেন।

**'যোজনী বন্ধন মতবাদ'–এর সার সংক্ষেপ নিম্নরূপ ঃ**

১। পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের মোট অর্ধপূর্ণ অরবিটাল (বা বিজোড় ইলেকট্রন) সংখ্যা ঐ **মৌলের যোজনী সংখ্যা বা যোজন অরবিটাল সংখ্যা প্রকাশ করে।** যেমন উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু (*C) এর চারটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল আছে। $^*C\ (6) = 1s^2\boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1}$

২। দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন **অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়।** এক্ষেত্রে দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়। উল্লেখ্য একই অরবিটালে প্রবেশের জন্য দুটি ইলেকট্রনের স্পিন প্রয়োজনে পুনর্বিন্যাস করে বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়; নতুবা অধিক্রমণ ঘটে না।

চিত্র ৬.৬ ঃ বিপরীত স্পিনযুক্ত দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের অধিক্রমণ; (খ) সমমুখী স্পিনযুক্ত দুটি অরবিটালের অধিক্রমণকালে স্পিনের পরিবর্তন।

৩। একটি পরমাণুতে **যতটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল থাকে,** সে পরমাণু অন্য পরমাণুর অর্ধপূর্ণ অরবিটালের সাথে **ততটি সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে।**

৪। অরবিটালের **অধিক্রমণ উভয় অরবিটালের অক্ষ বরাবর** হতে হবে। অরবিটালদ্বয়ের অধিক্রমণের পরিমাণ যত বেশি হবে উৎপন্ন বন্ধনের শক্তি তত বেশি হবে।

http://pdfcorner.com

৫। উভয় অরবিটালের অধিক্রমণের ফলে পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের মাঝামাঝি স্থানে ইলেকট্রন মেঘের সাধারণ ঘনত্ব বিশিষ্ট একটি ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়; এটাকে **আণবিক অরবিটাল** বলা হয়। এ অবস্থায় উভয় পরমাণুর নিট আকর্ষণ শক্তি সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ **স্থিতিশক্তি সবচেয়ে কম হয়।**

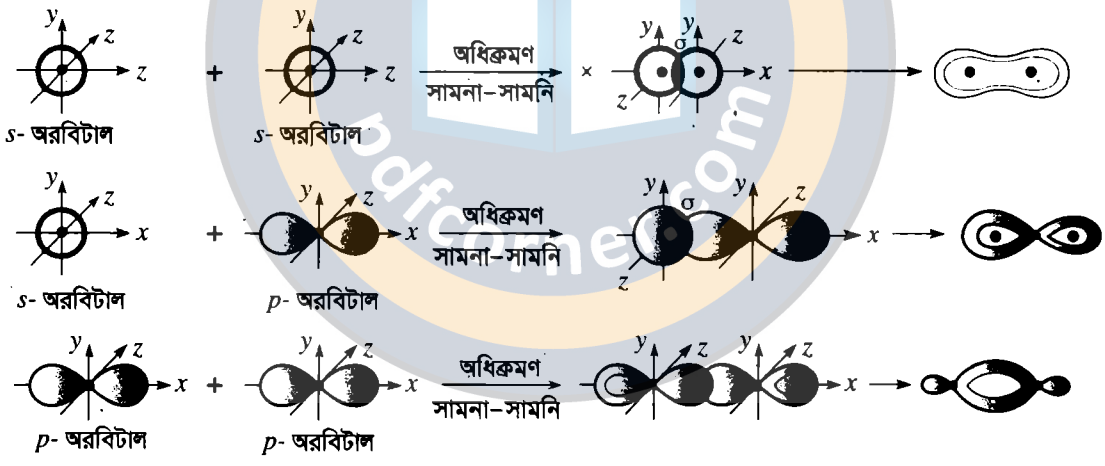
৬। পরমাণুর পারমাণবিক অরবিটাল যে শক্তিযুক্ত থাকে সৃষ্ট আণবিক অরবিটালের শক্তি যদি তার চেয়ে কম হয়, তবেই **স্থিতিশীল সমযোজী বন্ধন** গঠিত হয়।

৭। দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের অধিক্রমণ সামনা-সামনি অথবা পাশাপাশি দু'ভাবে ঘটতে পারে। অরবিটালের সামনা-সামনি অধিক্রমণ ঘটলে তাদের অক্ষ বরাবর সর্বাধিক ইলেকট্রন ঘনত্ব বিশিষ্ট বন্ধন সৃষ্টি হয়, একে **সিগ্‌মা (σ)** বন্ধন বলা হয়। অপরদিকে দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ ঘটলে সৃষ্ট বন্ধনে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম থাকে, একে **পাই (π) বন্ধন** বলে। দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে পাই বন্ধন গঠিত হতে পারে।

যেহেতু দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয় সেহেতু সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন উভয়েই মূলত সমযোজী বন্ধন।

## ৬.১৩। সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন
### Sigma (σ) bond and pi (π) bond

**(ক) সিগমা (σ) বন্ধন ঃ** সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির সময় যখন দুটি পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের দুটি অরবিটালের পরস্পরের সাথে সামনাসামনি অধিক্রমণ ঘটে, তখন উৎপন্ন বন্ধনকে সিগমা (σ) বন্ধন বলা হয়। দুটি s অরবিটাল (s–s), একটি s ও একটি p অরবিটাল (s – p) এবং দুটি p অরবিটালের (p – p) সামনাসামনি অধিক্রমণের ফলে σ বন্ধনের সৃষ্টি হতে পারে। ৬.৭ নং চিত্রে বিভিন্ন অরবিটালের অধিক্রমণ দেখানো হল।




চিত্র ৬.৭ ঃ সিগমা (σ) বন্ধন সৃষ্টি।

**উদাহরণ ঃ** উপরের তিনটি চিত্রে $H_2$ অণু গঠনে s – s সিগমা (σ) বন্ধন, HCl অণু গঠনে s – p সিগমা (σ) বন্ধন ও $Cl_2$ অণু গঠনে p – p সিগমা (σ) বন্ধন থাকে।

উল্লেখ্য বিশুদ্ধ s ও p অরবিটাল সিগমা σ বন্ধন গঠন করে। এ ছাড়া বিভিন্ন ধরনের সংকর অরবিটালও σ বন্ধন সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে থাকে।

**সিগ্‌মা (σ) বন্ধনের বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) সিগমা বন্ধন সৃষ্টিকারী অরবিটালদ্বয়ের অক্ষ একই সরলরেখায় থাকে। ফলে অধিক্রমণ এলাকায় ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব বেশি থাকে।

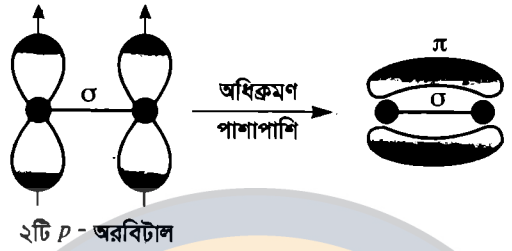
(২) সিগ্‌মা বন্ধন অধিক স্থায়ী ও দৃঢ় হয়।

(৩) সিগ্‌মা বন্ধন নির্দিষ্ট দিকে প্রসারিত থাকে।

(৪) সংকর অরবিটাল ও বিশুদ্ধ অরবিটাল উভয় ক্ষেত্রে সিগমা বন্ধন ঘটতে পারে।

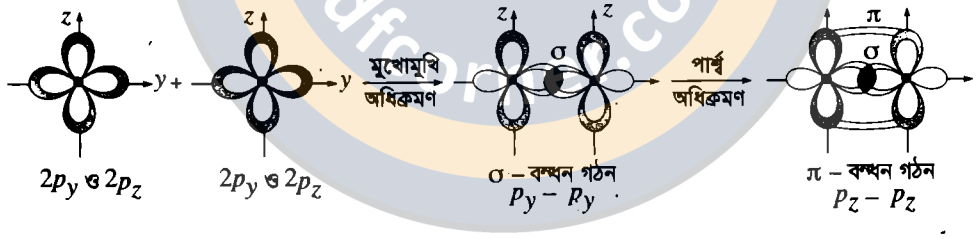
http://pdfcorner.com

**(খ) পাই ($\pi$) বন্ধন ঃ** দুটি পরমাণুর প্রত্যেকটি হতে একটি করে দুটি সমান্তরাল p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে সৃষ্ট বন্ধনকে পাই ($\pi$) বন্ধন বলা হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগ্‌মা বন্ধন গঠনের পর সম্ভব হলে পাই ($\pi$) বন্ধন গঠিত হয়ে থাকে। পাই ($\pi$) বন্ধন সিগমা বন্ধন থেকে দুর্বল হয়। ৬.৮নং চিত্রে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল দুটি p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে পাই–বন্ধনের সৃষ্টি দেখানো হল।



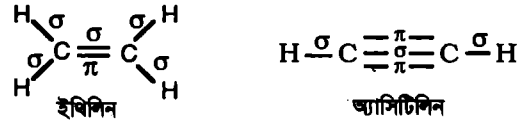

চিত্র ৬.৮ ঃ পাই ($\pi$) বন্ধন সৃষ্টি।

**উদাহরণ ঃ** অক্সিজেন অণু ($O_2$) গঠনে একটি সিগমা ($\sigma$) বন্ধন ও একটি পাই ($\pi$) বন্ধন সৃষ্টি হয়। আমরা জানি, $O(8) \longrightarrow 1s^2\,2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$। অর্থাৎ দুটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে দুটি করে অর্ধপূর্ণ $2p_y^1$ ও $2p_z^1$ অরবিটাল আছে। প্রথমে তাদের মধ্যে একটি করে অরবিটাল যেমন $2p_y^1$– $2p_y^1$ মুখোমুখি অধিক্রমণ করে সিগমা ($\sigma$) বন্ধন গঠন করে। তখন প্রত্যেক পরমাণুর অবশিষ্ট $2p_z^1$ অরবিটাল পরস্পর সমান্তরালভাবে থাকে। পরে এ দুটি $2p_z^1$ অরবিটাল পাশাপাশি অধিক্রমণ করে পাই ($\pi$) বন্ধন সৃষ্টি করে। তাই অক্সিজেন অণুতে দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি $\sigma$ বন্ধন ও একটি $\pi$ বন্ধন দ্বারা দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।




চিত্র ৬.৯ ঃ অক্সিজেন অণু গঠনে $\sigma$ ও $\pi$ বন্ধন।

**দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন ঃ** দুটি পরমাণুর মধ্যে যখন দ্বি–বন্ধন থাকে, তখন একটি সিগমা বন্ধন এবং অপরটি পাই বন্ধন হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধন থাকলে তার একটি সিগমা বন্ধন এবং অপর দুটি পাই বন্ধন হয়; যেমন ইথিলিনের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও একটি পাই বন্ধন বিদ্যমান। সব C–H বন্ধন সিগমা বন্ধন। অ্যাসিটিলিন যৌগের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা এবং দুটি পাই বন্ধন বিদ্যমান (৬.১০ নং চিত্র)।




চিত্র ৬.১০ ঃ ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন।

http://pdfcorner.com

**পাই ($\pi$) বন্ধনের বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) দুটি পরমাণু সিগ্‌মা বন্ধনে আবদ্ধ হওয়ার পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল অক্ষবিশিষ্ট দুটি অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণে পাই বন্ধন ঘটে।

(২) পাশাপাশি অধিক্রমণ এলাকায় ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কম থাকে; তাই পাই ($\pi$) বন্ধন সিগমা ($\sigma$) বন্ধন থেকে দুর্বল হয়।

(৩) সংকর অরবিটালে পাই ($\pi$) বন্ধন ঘটে না; s-অরবিটাল ছাড়া বিশুদ্ধ অন্য অরবিটালে ঘটে।

## ৬.১৩.১। আয়নিক যৌগ ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের তুলনা
**Comparison between the properties of Ionic & Co-valent Compounds**

**সারণি ৬.১ ঃ আয়নিক যৌগ ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের তুলনা**

| পার্থক্যসূচক | আয়নিক বা তড়িৎযোজী যৌগ | সমযোজী যৌগ |
|---|---|---|
| ১। গঠন প্রক্রিয়া ঃ | ১। ধাতু ও অধাতু পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে অষ্টক লাভের জন্য ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে। ফলে সৃষ্ট ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ শক্তি দ্বারা আয়নিক বন্ধন গঠিত হয়। যেমন $Na^+Cl^-$ | ১। অধাতুর দুটি পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রনের যুগল গঠন ও শেয়ার করে অষ্টক লাভের জন্য যে বন্ধন গঠন করে, তাকে সমযোজী বন্ধন বলে। যেমন $CH_4$ অণুতে কার্বন–হাইড্রোজেন ৪টি সমযোজী বন্ধন আছে। |
| ২। ভৌত অবস্থা ঃ | ২। আয়নিক যৌগসমূহ কঠিন কেলাসাকার হয়। যেমন $Na^+Cl^-$ কঠিন কেলাস। | ২। সমযোজী যৌগসমূহ কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয় হয়। যেমন চিনি কঠিন, পানি তরল, $CH_4$ হল গ্যাস। |
| ৩। চার্জের প্রকৃতি ঃ | ৩। আয়নিক যৌগসমূহ পূর্ণভাবে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন দ্বারা গঠিত। | ৩। সমযোজী যৌগসমূহ চার্জবিহীন অথবা আংশিক চার্জযুক্ত বা পোলার হয়। যেমন $\overset{\delta+}{H}\overset{\delta-}{Cl}$ |
| ৪। তড়িৎ পরিবাহিতা ঃ | ৪। কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগ তড়িৎ অপরিবাহী; কিন্তু তরল ও জলীয় দ্রবণে আয়নগুলো মুক্ত অবস্থায় থাকে বলে বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। | ৪। সমযোজী যৌগ অপোলার হলে বিদ্যুৎ পরিবহন করে না। কিন্তু পোলার সমযোজী যৌগ জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহন করে। $\overset{\delta+}{H}\overset{\delta-}{Cl}$ জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। |
| ৫। দ্রাব্যতা ঃ | ৫। আয়নিক যৌগ পোলার দ্রাবক যেমন পানিতে দ্রবণীয়। | ৫। অপোলার সমযোজী যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় কিন্তু অপোলার দ্রাবক কেরোসিনে দ্রবণীয়। |
| ৬। গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ | ৬। আয়নিক যৌহসমূহের উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক থাকে। যেমন NaCl এর গলনাঙ্ক 815°C, স্ফুটনাঙ্ক 1470°C। | ৬। সমযোজী যৌগের গলনাঙ্ক কম; যেমন বেনজোয়িক এসিডের গলনাঙ্ক 121°C এবং স্ফুটনাঙ্ক ও কম; যেমন মিথানলের স্ফুটনাঙ্ক 65°C। |
| ৭। বিক্রিয়ার গতি ঃ | ৭। আয়নিক যৌগসমূহের বিক্রিয়ার গতিবেগ খুবই দ্রুত। | ৭। সমযোজী যৌগের যেমন জৈব যৌগের বিক্রিয়ার গতিবেগ মন্থর। |
| ৮। সমরূপতা ও সমাণুতা ঃ | ৮। আয়নিক যৌগের কেলাসে সমরূপতা ধর্ম দেখা যায়। যেমন NaF, MgO এর কেলাস সমরূপী। | ৮। সমযোজী জৈব যৌগে সমাণুতা দেখা যায়। যেমন $C_2H_6O$ সংকেতের ইথানল ($C_2H_5OH$) ও ডাই মিথাইল ইথার ($CH_3OCH_3$) নামক দুটি সমাণু আছে। |

http://pdfcorner.com

## ৬.১৪। সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন বা সন্নিবেশ বন্ধন
### Co-ordinate Covalent Bond or Co-ordinate Bond

সমযোজী বন্ধন গঠনকালে বন্ধনে অংশগ্রহণকারী প্রতিটি পরমাণু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রনযুগল সৃষ্টি করে। সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের বেলায় এর ব্যতিক্রম ঘটে।

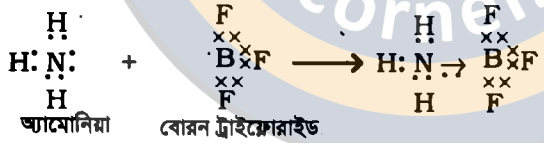
**সংজ্ঞা ঃ দুটি পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় ইলেকট্রনযুগল কোন কোন ক্ষেত্রে একটি মাত্র পরমাণু সরবরাহ করে এবং অপর পরমাণুটি কোন ইলেকট্রন যোগান না দিয়েই ঐ ইলেকট্রন-যুগল সরবরাহকারী পরমাণুর সাথে সমভাবে শেয়ার করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এভাবে সৃষ্ট বন্ধনকে সন্নিবেশ বন্ধন বা সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন বলা হয়।**

**যে পরমাণু তার ইলেকট্রনযুগল এককভাবে সরবরাহ করে তাকে দাতা পরমাণু** (donor atom) **এবং যে পরমাণু তা শেয়ার করে তাকে গ্রহীতা পরমাণু** (acceptor atom) **বলা হয়।**

**শর্ত ঃ** সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টির জন্য দাতা পরমাণুতে অবশ্যই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল থাকতে হবে এবং গ্রহীতা পরমাণুর তা গ্রহণের ক্ষমতা থাকতে হবে।

**উদাহরণ ১।** অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) এবং বোরন ট্রাইফ্লোরাইড ($BF_3$) এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা অ্যামোনিয়াম বোরোফ্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3$ অণুর নাইট্রোজেন পরমাণুর চারদিকের ইলেকট্রনসমূহকে ডট এবং $BF_3$ এর বোরন পরমাণুর চারদিকে ইলেকট্রনসমূহকে ক্রস দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। ফ্লোরিন পরমাণুর চারদিকে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলসমূহকে দেখানো হয়নি।

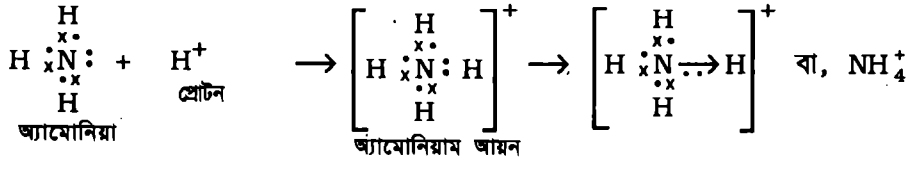
অ্যামোনিয়া অণুর নাইট্রোজেন পরমাণুতে যোজনী শেলে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল আছে। অপরদিকে বোরন ট্রাইফ্লোরাইড অণুতে বোরনের সর্বশেষ স্তরে ৬টি ইলেকট্রন আছে; অর্থাৎ এটি আরও ২টি ইলেকট্রন পেতে আগ্রহী। এ দুটি যৌগ একত্রিত করলে নাইট্রোজেন পরমাণু একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল সরবরাহ করে বোরনের সাথে বন্ধন সৃষ্টি করে। এটিই সন্নিবেশ বন্ধন। সন্নিবেশ বন্ধনকে তীর (⟶) চিহ্ন দ্বারা অনেক সময় চিহ্নিত করা হয় ঃ




বা, $H_3N: + BF_3 \longrightarrow H_3N:BF_3$ বা, $H_3N \rightarrow BF_3$ বা, $H_3N^{\delta+}:B^{-\delta}F_3$

সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টির পরে যেহেতু ইলেকট্রনযুগল উভয় পরমাণুর চারদিকে পরিভ্রমণ করবে, সেহেতু উভয় পরমাণু গড়ে একটি ইলেকট্রনের দখলে থাকে। এর ফলে দাতা পরমাণুতে একটি আংশিক ধনাত্মক আধান ($\delta+$) এবং গ্রহীতা পরমাণুতে একটি আংশিক ঋণাত্মক আধানের ($\delta-$) সৃষ্টি হয়।

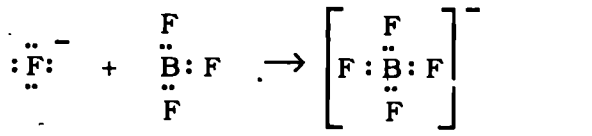
**উদাহরণ–২।** অ্যামোনিয়া অণু ($\ddot{N}H_3$) ও প্রোটন বা হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা অ্যামোনিয়াম আয়ন ($NH_4^+$) গঠিত হয়।




বা, $NH_4^+$

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ–৩।** ফ্লোরাইড আয়ন ও বোরন ট্রাইফ্লোরাইড অণু সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা বোরন টেট্রাফ্লোরাইড আয়ন গঠিত হয়।



বা, $BF_4^-$

**সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টির আরো কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেয়া হল ঃ**

সন্নিবেশ বন্ধনের সবচেয়ে বেশি উদাহরণ পাওয়া যায় জটিল ধাতব যৌগে। এ সব জটিল যৌগে বা জটিল আয়নে বিভিন্ন লিগ্যান্ড d-ব্লক মৌলের ধাতব আয়নসমূহকে ইলেকট্রনযুগল সরবরাহ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে। এ কারণে এসব যৌগ জটিল **সন্নিবেশ যৌগ** (co-ordination compounds) হিসেবেও পরিচিত। জটিল আয়ন বা যৌগ গঠনে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যোগানকারী ঋণাত্মক আয়ন বা অণুকে লিগ্যান্ড বলে। যেমন ঃ নিম্নের উদাহরণে টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন ও ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন গঠনকালে $:NH_3$ অণু হল লিগ্যান্ড।

(১) $4H_3N: + Cu^{2+} \longrightarrow [Cu(:NH_3)_4]^{2+}$ বা, $[Cu(:NH_3)_4]^{2+}$

অ্যামোনিয়া — টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন

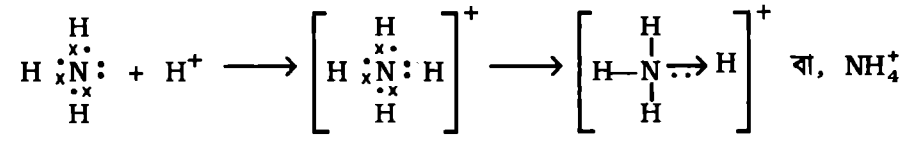
(২) $2H_3N: + Ag^+ \longrightarrow [H_3N: \rightarrow Ag \leftarrow :NH_3]^+$ বা, $[Ag(:NH_3)_2]^+$

অ্যামোনিয়া — ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন।

## ৬.১৫। সন্নিবেশ বন্ধন, সমযোজী বন্ধনের বিশেষ রূপ
## Co-ordination Bond is a Special Type of Covalent Bond

সমযোজী অণু গঠনে উভয় পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রন যুগল গঠন এবং তা উভয় পরমাণু পরস্পরের মধ্যে শেয়ার করে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে। অপরদিকে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টিতে দুটি ইলেকট্রনই আসে একটি মাত্র পরমাণু হতে। সুতরাং প্রথম দৃষ্টিতে মনে হয় এ দুটি বন্ধন ভিন্ন প্রকৃতির, কিন্তু সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে একটি একক সমযোজী বন্ধনের সমতুল্য। যদিও কোন কোন ক্ষেত্রে একটি সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা কোন পরমাণুর দুটি যোজনী পূর্ণ হয়। অ্যামোনিয়াম আয়নের গঠন পর্যালোচনা করলে তা পরিষ্কার হবে।

অ্যামোনিয়া অণুতে তিনটি N–H একক সমযোজী বন্ধন আছে এবং নাইট্রোজেন পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল আছে, যা প্রোটন ($H^+$) এর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে অ্যামোনিয়াম আয়ন গঠন করে। সুতরাং সংজ্ঞামতে অ্যামোনিয়াম আয়নে তিনটি N–H বন্ধন সমযোজী এবং একটি N–H বন্ধন সন্নিবেশ বন্ধন।



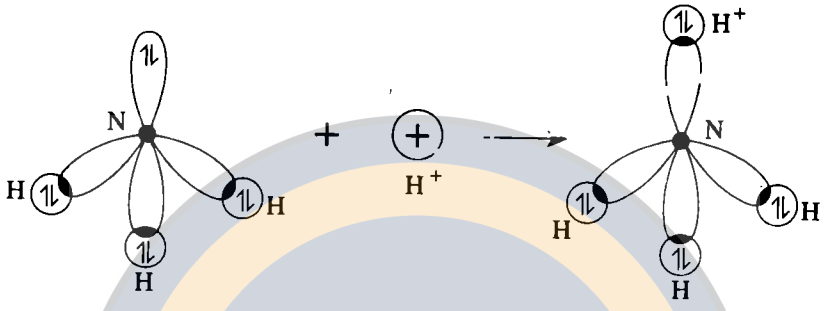
বা, $NH_4^+$

পারমাণবিক অরবিটাল সংকরণ ও অরবিটাল অধিক্রমণ মতে, অ্যামোনিয়াম আয়ন গঠনের নিম্নরূপ ব্যাখ্যা আছে। নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হল; $N(7) = 1s^2 \boxed{2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}$

অ্যামোনিয়া ($NH_3$) যৌগ গঠনের পূর্বে নাইট্রোজেন পরমাণুর অরবিটালে $sp^3$ সংকরণ ঘটে। ফলে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটালের (যেমন $\psi_1^2\ \psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$) সৃষ্টি হয়, যার তিনটিতে একটি করে এবং চতুর্থটিতে দুটি

http://pdfcorner.com

ইলেকট্রন থাকে। এক ইলেকট্রন বিশিষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি (যেমন $\psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$), তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $Is^1$ অরবিটাল (যাতে একটি ইলেকট্রন আছে) এর সাথে অধিক্রমণ করে তিনটি N–H একক সমযোজী সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়া যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে চতুর্থ সংকর অরবিটালে (যেমন $\psi_1^2$) অংশেয়ারকৃত ইলেকট্রনযুগল অবস্থান করে। অ্যামোনিয়াম ($NH_4^+$) আয়ন গঠনের সময় এ চতুর্থ সংকর অরবিটালটি একটি হাইড্রোজেন আয়নের ইলেকট্রনবিহীন Is অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে ঃ




চিত্র ৬.১১ ঃ সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা $NH_4^+$ আয়ন গঠন।

সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের ফলে N পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুতে যে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হওয়ার কথা, তা পূর্ব থেকে অবস্থানরত ধনাত্মক আধানের সাথে মিলিত হয়ে প্রশমিত হয়। সুতরাং চতুর্থ N–H বন্ধনের সাথে অপর তিনটি N–H বন্ধনের আর কোন পার্থক্য থাকে না। কেননা N – H বন্ধনটি নাইট্রোজেন পরমাণুর একটি সংকর অরবিটাল ও হাইড্রোজেন পরমাণুর 1s অরবিটাল অধিক্রমণ দ্বারা সৃষ্ট এবং সব বন্ধন দুটি ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত অর্থাৎ এরা প্রত্যেকে একটি একক বন্ধন। প্রকৃতপক্ষে অ্যামোনিয়াম আয়নের গঠন মিথেনের ($CH_4$ এর) গঠনের সম্পূর্ণ অনুরূপ এবং মিথেনের ন্যায় অ্যামোনিয়াম আয়নে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং N–H বন্ধন সমতুল্য এবং প্রতিটি $\angle HNH = 109°28'$ অর্থাৎ আদর্শ চতুস্তলকের কোণ 109.5° এর সমান।

সুতরাং $NH_4^+$ আয়নে তিনটি সমযোজী একক বন্ধন এবং একটি সন্নিবেশ বন্ধন থাকলেও তারা সম্পূর্ণভাবে সমতুল্য। অর্থাৎ এক্ষেত্রে সন্নিবেশ বন্ধনটির সাথে একটি একক সমযোজী বন্ধনের কোন পার্থক্য নেই। এ কারণে বলা হয়, সন্নিবেশ বন্ধন সমযোজী বন্ধনের একটি বিশেষ রূপ।

অনুরূপভাবে, $BF_3 + F^- \rightarrow BF_4^-$ আয়নের গঠন বিবেচনা করলেও দেখা যাবে $BF_4^-$ আয়নে তিনটি B–F সমযোজী এবং একটি B–F সন্নিবেশ বন্ধন আছে। কিন্তু সব B – F বন্ধন সমতুল্য। $BF_4^-$ আয়নের গঠনও মিথেন ও অ্যামোনিয়াম আয়নের ন্যায় চতুস্তলকীয়। $BH_4^-$ আয়নের ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য।

## ৬.১৬। সন্নিবেশ বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্মাবলি

### Properties of Compounds with Co-ordination Bond

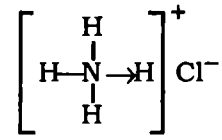
সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে একটি বিশেষ ধরনের সমযোজী বন্ধন। যেহেতু এ বন্ধনে একটি ইলেকট্রনযুগল ব্যবহৃত হয়; সেহেতু শক্তির দিক থেকে এটি একক সমযোজী বন্ধনের সমতুল্য। সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনদ্বয়ের গঠন পদ্ধতি ভিন্ন হলেও বন্ধন সৃষ্টির পর তাদের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না; যেমন অ্যামোনিয়া এবং প্রোটনের মধ্যে যে বন্ধন সৃষ্টি হয়, তা সন্নিবেশ বন্ধন হিসেবে সৃষ্টি হলেও সৃষ্ট অ্যামোনিয়াম আয়নে প্রতিটি প্রোটন সমতুল্য এবং প্রতিটি নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন বন্ধন একক সমযোজী বন্ধন হিসেবে ধর্ম প্রদর্শন করে, যাদের মধ্যে কোন পার্থক্য নেই। অনুরূপভাবে $F^-$ আয়ন ও $BF_3$ যৌগের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট $BF_4^-$ আয়নে প্রতিটি B–F বন্ধন একক সমযোজী বন্ধন এবং প্রতিটি ফ্লোরিন পরমাণু সমতুল্য থাকে। এ কারণে সন্নিবেশ বন্ধনযুক্ত যৌগসমূহ প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করে।

http://pdfcorner.com

## ৬.১৭। একই যৌগে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনের উপস্থিতি
### Presence of Different Types of Bonds in the Same Compound

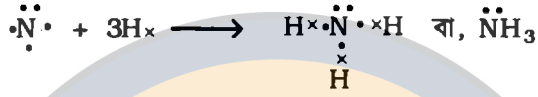
**বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগ ঃ** অনেক যৌগে একই সাথে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকতে পারে; যেমন,

**উদাহরণ–১।** $NH_4Cl$ এর মধ্যে তিন প্রকার বন্ধন যেমন (i) সমযোজী বন্ধন (ii) সন্নিবেশ বন্ধন ও (iii) আয়নিক বন্ধন আছে। এ যৌগের $NH_4^+$ আয়নে তিনটি N—H বন্ধন সমযোজী এবং একটি N→H বন্ধন সন্নিবেশ সমযোজী।



আবার $NH_4^+$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়ন এর সাথে আয়নিক বন্ধন আছে। নিম্নে তা ব্যাখ্যা করা হল।

**(i) সমযোজী বন্ধন দ্বারা $NH_3$ অণু গঠন ঃ** একটি N পরমাণু তিনটি H পরমাণুর সাথে তিনটি সমযোজী N—H বন্ধন সহযোগে $NH_3$ অণু গঠন করে।



**(ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন দ্বারা $NH_4^+$ আয়ন গঠন ঃ** অ্যামোনিয়া অণু ($NH_3$) এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল সহযোগে একটি হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়।

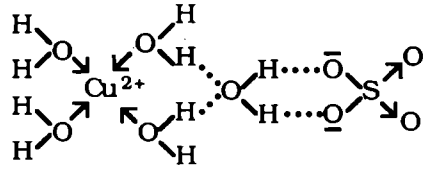
**(iii) আয়নিক বন্ধন দ্বারা $NH_4Cl$ গঠন ঃ** ধনাত্মক $NH_4^+$ আয়ন ও ঋণাত্মক $Cl^-$ আয়ন স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা আয়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে $NH_4Cl$ গঠন করে।

**উদাহরণ–২।** হেক্সা–অ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগে অ্যামোনিয়া অংশে N–H বন্ধনসমূহ **সমযোজী**। আবার $Co^{3+}$ আয়নের সাথে ছয়টি $\ddot{N}H_3$ লিগ্যান্ডের (বা নাইট্রোজেন পরমাণুর) বন্ধন **সন্নিবেশ বন্ধন**। তৃতীয়ত, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগটি প্রকৃতপক্ষে হেক্সা–অ্যামমিন কোবাল্ট (iii) আয়ন $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ এবং $3Cl^-$ আয়ন দ্বারা গঠিত। সুতরাং এ দুই অংশের মধ্যে **আয়নিক বন্ধন** ।

একইভাবে, পটাসিয়াম বোরন টেট্রাফ্লোরাইড $KBF_4$ যৌগে $K^+$ ও $BF_4^-$ আয়ন আছে। সুতরাং তাদের মধ্যে আয়নিক বন্ধন বিদ্যমান। আবার $BF_3$ ও $F^-$ আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা $BF_4^-$ আয়ন সৃষ্টি হয়। অন্যদিকে $BF_3$ অংশে B – F বন্ধনসমূহ সমযোজী বন্ধন।

একইভাবে **$Ag(NH_3)_2Cl$, $Na_2SO_4$ প্রভৃতি বহু যৌগে তিন প্রকারের বন্ধন আছে।**

**উদাহরণ–৩।** সোদক কপার সালফেট বা তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$) হল নীল বর্ণের কেলাস। এর মধ্যে (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন, (iii) আয়নিক বন্ধন ও (iv) হাইড্রোজেন বন্ধন (. . . . . .) ও আছে। তা নিম্নে দেখানো হল।





http://pdfcorner.com

**উদাহরণ–৪।** কিন্তু $H_3N \rightarrow BF_3$ যৌগে শুধুমাত্র সমযোজী বন্ধন (N–H ও B–F) এবং সন্নিবেশ বন্ধন (N→B) আছে। এতে কোন আয়নিক বন্ধন নেই। অপরদিকে KOH যৌগে $K^+OH^-$ এর মধ্যে আয়নিক বন্ধন এবং $OH^-$ অংশে O ও H এর মধ্যে বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধন আছে।

**বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম ঃ** (১) অনেক অজৈব লবণে আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন একত্রে বিদ্যমান। যেহেতু এসব যৌগে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ বিদ্যমান, সেহেতু এ সব যৌগ আয়নিক যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করবে। যেমন উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, তড়িৎ পরিবাহিতা, আয়নসমূহের স্বকীয়তা প্রভৃতি।

(i) যদি কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহ অবিকৃত থাকে, তবে সে বিক্রিয়া খুব দ্রুত সম্পন্ন হবে; যেমন, তিন প্রকারের বন্ধনযুক্ত $BaSO_4$ আয়নগুলো অবিকৃত থাকে, তাই $Na_2SO_4$ দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে সাথে সাথে $BaSO_4$ এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অনুরূপভাবে, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ এর সাথে $AgNO_3$ এর বিক্রিয়ায় তাৎক্ষণিকভাবে AgCl-এর অধঃক্ষেপ পড়ে।

(ii) অপরদিকে যদি কোন বিক্রিয়ায় কোন আয়নের অভ্যন্তরে সমযোজী বন্ধন ভাঙা বা গড়া হয়, তবে তা তত দ্রুত হবে না; যেমন $Na_2SO_4$ কে বিজারিত করে $Na_2SO_3$ বা, $Na_2S$ করতে হলে S–O সমযোজী বন্ধন ভাঙতে হবে। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়া ধীরগতিতে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হবে।

(২) সাধারণভাবে কোন যৌগে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের সাথে আয়নিক বন্ধন থাকলে এতে আয়নিক যৌগের ধর্মাবলি প্রাধান্য পায়। সে ধরনের যৌগকে সাধারণভাবে আয়নিক যৌগ হিসেবেই চিহ্নিত করা হয়। যেমন, $K_2SO_4$, $NaNO_3$, $NH_4Cl$ প্রভৃতিতে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকলেও এরা আয়নিক যৌগ হিসেবে পরিচিত।

## ৬.১৮। তড়িৎ ঋণাত্মকতা ও সমযোজী বন্ধনের পোলারিটি
### Electronegativity and Polarity in Covalent Bond

সমযোজী বন্ধনের সংজ্ঞা মতে, দুটি অধাতু পরমাণু তাদের বন্ধন ইলেকট্রন যুগল সমভাবে শেয়ার করে। বাস্তবে একই মৌলের দুটো পরমাণু দ্বারা গঠিত অণুসমূহের (যেমন $H_2$, $N_2$, $O_2$, $Cl_2$ ইত্যাদির) ক্ষেত্রে এটা সম্ভব। কিন্তু দুটো ভিন্ন পরমাণুর বন্ধনে সৃষ্ট অণুর (যেমন HF, HCl, $H_2O$ ইত্যাদির) ক্ষেত্রে দুটো পরমাণুর মধ্যে বন্ধন ইলেকট্রনের ঘনত্ব অসমভাবে বিন্যস্ত থাকে; কারণ উভয় ভিন্ন পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতা সমান থাকে না।

**মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা ঃ** সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে কোন পরমাণু কর্তৃক নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ পরমাণুর **তড়িৎ ঋণাত্মকতা** বলা হয়। অধাতুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি এবং ধাতুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা কম। ফ্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশি, তারপর অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন পরমাণুর স্থান।

| | | |
|---|---|---|
| N 3.0 | O 3.5 | F 4.0 |
| | S 2.5 | Cl 3.0 |
| | | Br 2.8 |
| | | I 2.5 |

সর্বাধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু

শেয়ারকৃত ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে বেশি আকৃষ্ট হয়। ফলে ঐ পরমাণুতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ (δ–) এবং অপর পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ (δ+) সৃষ্টি হয়।

**উদাহরণ ঃ** নিম্নে HF অণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও আংশিক ঋণাত্মক চার্জ সৃষ্টি দেখানো হল এবং $\overset{\delta+\delta-}{HF}$ পোলার অণু বোঝানো হল।

$$\overset{\delta+}{H}\cdot\cdot\overset{\delta-}{F} \quad \text{বা,} \quad \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}$$

http://pdfcorner.com

**বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মাত্রা ঃ** পাউলিং স্কেল অনুসারে কয়েকটি মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান হল,

F = 4, O = 3.5, Cl = 3.0, N = 3.0, Br = 2.8, I = 2.5, C = 2.5 , H = 2.1

**ডাইপোল, পোলারিটি ও পোলার যৌগ ঃ** সমযোজী যৌগের সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার অধিক পার্থক্যের কারণে (সাধারণত 0.5 – 1.7 এর মধ্যে হলে) অণুর দুই প্রান্তে দুটি ভিন্ন চার্জের বা মেরুর সৃষ্টি হয়, উভয় মেরুকে একত্রে **ডাইপোল** (dipole) বলা হয়। সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টির ধর্মকে ঐ যৌগের **পোলারিটি** (polarity) বলা হয়। অণুর দুই প্রান্তে দুটি ভিন্ন মেরু সৃষ্টি হওয়ায় ঐ অণুকে **পোলার অণু** বা **পোলার যৌগ** বলা হয়। HF, $H_2O$ হল পোলার যৌগ।

## ৬.১৯। সমযোজী যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য ঃ তড়িৎ ঋণাত্মকতার ফল

### Ionic Character of Covalent Compounds ঃ Effect of Electronegativity

লুইস মতবাদ অনুসারে সমযোজী অণুতে সংশ্লিষ্ট পরমাণুদ্বয় তাদের বন্ধন ইলেকট্রন যুগল সমভাবে শেয়ার করে অষ্টক পূর্ণ করে। বাস্তব ক্ষেত্রে উভয় অধাতব পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে সমযোজী অণুসমূহে নিম্নোক্ত তিন প্রকার অবস্থা ঘটে। যেমন,

(১) সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সমান হলে অর্থাৎ তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য শূন্য হলে তখন সমযোজী বন্ধন বিশুদ্ধ হয়। যেমন ২ টি H পরমাণুর মধ্যে অথবা ২টি Cl পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন দ্বারা গঠিত $H_2$ অথবা $Cl_2$ অণু বিশুদ্ধ সমযোজী অণু। মৌলিক অণুর ক্ষেত্রে এরূপ হয়।

(২) সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ উভয় অধাতব পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 এর কম হলে মোটামুটি অপোলার সমযোজী অণু গঠিত হয়। যেমন C ও H এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা হল যথাক্রমে 2.5 ও 2.1। তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য (2.5 – 2.1) = 0.4 হওয়ায় $CH_4$, $C_2H_6$, $C_6H_6$ ইত্যাদি হাইড্রোকার্বনসমূহ অপোলার হয়।

(৩) **সমযোজী যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য ঃ** যখন কোন সমযোজী যৌগের উভয় পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 থেকে 1.7 এর মধ্যে হয় তখন অণুটি পোলার অণু হবে; অর্থাৎ এতে উল্লেখযোগ্য আয়নিক বৈশিষ্ট্য দেখা দেবে। কিন্তু উভয় পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 1.9 এর বেশি হলে ঐ যৌগ প্রধানত আয়নিক যৌগ হবে। যেমন

HCl অণু পোলার হয়; Cl ও H এর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য হল (3.0 – 2.1) = 0.9 যা 0.5 ~ 1.7 এর মধ্যে রয়েছে। $H_2O$ এর বেলায় তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য (3.5 – 2.1 = 1.4)। তাই **HCl ও $H_2O$ হল সমযোজী পোলার অণু**। এ সব পোলার অণুতে আংশিকভাবে আয়নিক বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।

HF একটি সর্বাধিক পোলার অণু; কারণ F ও H পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য (4 – 2.1) = 1.9 যা দ্বারা পোলার অণুসমূহের মধ্যে সর্বাধিক পোলারিটি প্রকাশ পায়।

হ্যালোজেনসমূহের মধ্যে F সর্বাধিক তড়িৎ ঋণাত্মক বলে HF সর্বাধিক পোলার অণু। হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অণুগুলোর মেরু প্রবণতাক্রম হল HF>HCl>HBr>HI ।

মূলকথা সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত বেশি হবে অধাতব যৌগ বা ধাতব যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি প্রকাশ পায়।

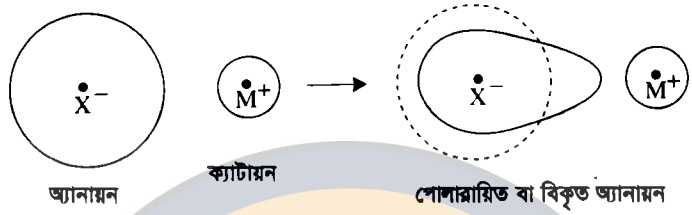
নিম্নের তালিকায় পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য এবং তাদের দ্বারা সৃষ্ট যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্যের শতকরা মাত্রা দেখানো হল। যেমন,

| তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্যের পরিমাণ ঃ | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.1 | 1.7 | 2.3 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| শতকরা মাত্রায় আয়নিক বৈশিষ্ট্য ঃ | 0.5 | 1.0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 |

http://pdfcorner.com

## ৬.২০। আয়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন
### Distortion or Polarisation of Ions

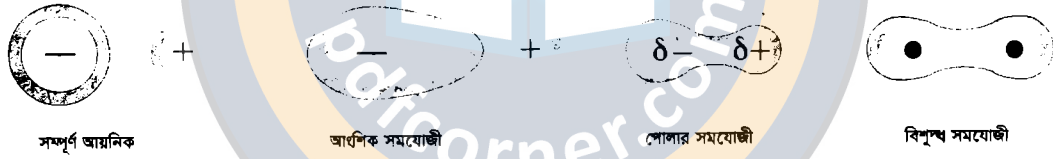
**সংজ্ঞা ঃ** যখন কোন ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস তথা সামগ্রিক ধনাত্মক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। একে **ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন** বলা হয় এবং অ্যানায়নটি পোলারায়িত হয়েছে বলা হয়। অ্যানায়নকে এভাবে পোলারায়িত করার ক্ষমতাকে ক্যাটায়নের **পোলারায়ন ক্ষমতা** বলা হয়।




চিত্র ৬.১২ ঃ $M^+$ ক্যাটায়ন কর্তৃক $X^-$ অ্যানায়নের পোলারায়ন।

ক্যাটায়নও অ্যানায়ন কর্তৃক পোলারায়িত হয়। **অ্যানায়ন দ্বারা ক্যাটায়নের পোলারায়ন খুবই কম হয়।** কারণ (i) প্রথমত ক্যাটায়নের আকার অনেক ছোট। (ii) দ্বিতীয়ত পরমাণু থেকে ইলেকট্রনের অপসারণের ফলে ক্যাটায়নের সৃষ্টি। সুতরাং এর ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াস দ্বারা দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। (iii) তৃতীয়ত অ্যানায়নের আকার অনেক বড় হওয়ায় এর পোলারায়ন ক্ষমতাও অনেক কম।

সম্পূর্ণ আয়নিক বন্ধনে আয়ন দ্বয়ের অবস্থা, পোলারায়নের ফলে অ্যানায়নে ইলেকট্রনের বিকৃতি; পোলার সমযোজী বন্ধন ও বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের অবস্থা নিচের চিত্র দ্বারা ধারণা দেওয়া হল (চিত্র ৬.১২ (ক))




চিত্র ৬.১২ (ক) ঃ বিভিন্ন বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের বিভিন্ন অবস্থা।

## ৬.২১। আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ঃ ফাজানের নিয়ম
### Covalent Character of Ionic Bond : Fajan's Rule

আদর্শ আয়নিক যৌগে ধাতব পরমাণু অধাতব পরমাণুকে ইলেকট্রন সম্পূর্ণরূপে দান করে এবং দানকৃত ইলেকট্রনের উপর ক্যাটায়নের আর কোন প্রভাব থাকা উচিত নয়। কিন্তু আয়নিক যৌগের কেলাসে ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ দ্বারা অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ আকৃষ্ট হতে পারে। ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি বা পোলারায়ন ঘটে। অ্যানায়নের পোলারায়ন নিঃসন্দেহে আদর্শ আয়নিক যৌগের ধর্ম থেকে বিচ্যুতি। এ কারণে পোলারায়নের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিক যৌগের বিভিন্ন ধর্মের (যেমন গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, উদ্বায়িতা, দ্রবণীয়তা প্রভৃতির) ক্রম হ্রাস ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি ঘটে। আয়নিক যৌগের এরূপ পরিবর্তন ব্যাখ্যার জন্য ১৯২৩ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী ফাজান (Fajans) মূলত দুটি নিয়ম প্রস্তাব করেন।

**ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম ঃ** কোন ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের যত বেশি পোলারায়ন হবে, যৌগটির প্রকৃতি আদর্শ আয়নিক বন্ধনের প্রকৃতি থেকে তত বেশি বিচ্যুত হবে। অর্থাৎ সমযোজী বন্ধনের প্রকৃতি তত বৃদ্ধি পাবে। অ্যানায়নের পোলারায়নের পরিমাণ কয়েকটি শর্ত দ্বারা নির্ধারিত হয়। এ সব শর্তকে **ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম** বলা হয়। এ সব শর্ত হল–

(i) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ যত বেশি হয়,

(ii) ক্যাটায়নের আকার যত ছোট হয় এবং অ্যানায়নের আকার যত বড় হয়। এছাড়া

(iii) ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে $ns^2np^6nd^{10}$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে; যে সব ক্ষেত্রে $ns^22p^6$ এর তুলনায় অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বেশি মাত্রায় ঘটে। যেমন,

http://pdfcorner.com

## ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বা শর্তাবলির ব্যাখ্যা ঃ

### (১) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ ঃ

**(ক) ক্যাটায়নের চার্জ বৃদ্ধির প্রভাব ঃ** কোন ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়। কারণ ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধির সাথে এটি অ্যানায়নের ইলেকট্রনকে আকর্ষণ এবং অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করার ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়।

**পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** পর্যায় সারণির যে কোন পর্যায়ে প্রথম দিক থেকে যতই ডান দিকে যাওয়া যায়, ক্যাটায়নসমূহের ধনাত্মক চার্জও তত বৃদ্ধি পায়; ফলে অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতাও ততই বৃদ্ধি পায়। ফলে যৌগটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পায়। তাই সংশ্লিষ্ট যৌগের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়।

**উদাহরণ ঃ** তৃতীয় পর্যায়ে $Na^+$ আয়ন এর চেয়ে $Mg^{2+}$ আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। $Mg^{2+}$ আয়ন অপেক্ষা $Al^{3+}$ আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা আরো বেশি। তাই এসব আয়নের যৌগসমূহে সমযোজী ধর্ম এ ক্রমানুসারে বৃদ্ধি পায় এবং যৌগসমূহের গলনাঙ্ক (এবং স্ফুটনাঙ্ক) ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন, NaCl (গলনাঙ্ক 815°C ) > $MgCl_2$ (গলনাঙ্ক 714°C ) > $AlCl_3$ (গলনাঙ্ক 190°C)।

**(i) পরিবর্তনশীল জারণ সংখ্যার ধাতব পরমাণু বিভিন্ন চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন সৃষ্টি করলে কম চার্জ বিশিষ্ট ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা কম হবে এবং বেশি চার্জের ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হবে।**

**উদাহরণ ঃ** অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এর গলনাঙ্ক 670°C অথচ অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এর গলনাঙ্ক মাত্র 306°C। ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$ এ ক্যাটায়নের চার্জ এক একক বৃদ্ধি পাওয়ায় যৌগের সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। ফলে গলনাঙ্ক কমে।

**(খ) অ্যানায়নের চার্জ বৃদ্ধির প্রভাব ঃ** অ্যানায়নসমূহের ঋণাত্মক চার্জের বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। যেমন ফ্লোরাইড ($F^-$) আয়ন অপেক্ষা অক্সাইড ($O^{2-}$) আয়ন বেশি পোলারায়িত হয় এবং নাইট্রাইড ($N^{3-}$) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হয়। ফলে $CaF_2$ অপেক্ষা CaO অধিক সমযোজী প্রকৃতির হয়।

### (২) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আকার ঃ

**(ক) ক্যাটায়নের ছোট আকার ঃ** কোন অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্যাটায়নের ক্ষমতা আকার হ্রাসের সাথে বাড়ে। এর কারণ হচ্ছে, ক্যাটায়নের আকার ছোট হলে ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস ও অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘের দূরত্ব কমে যায়; ফলে আকর্ষণ বেড়ে যায়।

**গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** পর্যায় সারণিতে **একই গ্রুপে যতই নিচ থেকে উপরের দিকে** যাওয়া যায়, একই চার্জযুক্ত ক্যাটায়নসমূহের আকার কমে যাওয়ায় পোলারায়ন ক্ষমতাও বেড়ে যায়, অর্থাৎ এ সব আয়নের যৌগসমূহের সমযোজী ধর্ম তত বাড়ে।

**উদাহরণ ঃ** গ্রুপ II A এর দ্বিধনাত্মক চার্জযুক্ত বিভিন্ন ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ ঐ গ্রুপের নিচ থেকে উপর দিকে কমতে থাকে। যেমন $Ba^{2+}$ = 1.34Å ; $Sr^{2+}$ = 1.12Å; $Ca^{2+}$ = 0.99Å; $Mg^{2+}$ = 0.66 Å; $Be^{2+}$ = 0.35Å। তাই তাদের পোলারায়ন ক্ষমতা বিপরীতভাবে কমে ঃ যেমন $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

তাই তাদের অনার্দ্র ক্লোরাইডসমূহের সমযোজী বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি বা গলনাঙ্কের হ্রাসের ক্রম হল নিম্নরূপ ঃ

$BaCl_2$ (963°C )>$SrCl_2$ (875°C)>$CaCl_2$ (782°C )>$MgCl_2$ (714°C)>$BeCl_2$ (405°C )

**(খ) অ্যানায়নের বড় আকার ঃ** অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রনের সাথে নিউক্লিয়াসের গড় দূরত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেকট্রনের উপর অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। তখন ক্যাটায়ন সহজেই অ্যানায়নকে আকৃষ্ট করে পোলারায়িত করতে পারে।

http://pdfcorner.com

**গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** পর্যায় সারণির **একই গ্রুপে উপর থেকে যতই নিচের** দিকে যাওয়া যায়, অ্যানায়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা ততই বৃদ্ধি পায়। যেমন, হ্যালাইড আয়নসমূহের ব্যাসার্ধ নিম্নরূপ ঃ

$$F^- (1.33Å) < Cl^- (1.81Å) < Br^- (1.96Å) < I^- (2.20Å)$$

ক্যালসিয়ামের হ্যালাইড সমূহের মধ্যে $CaCl_2$ এর চেয়ে $CaI_2$-এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি প্রকাশ পায়। বিভিন্ন ক্যালসিয়াম হ্যালাইডের গলনাঙ্ক নিম্নরূপ ঃ

$CaF_2$ = 1392°C , $CaCl_2$ = 782°C $CaBr_2$ = 730°C $CaI_2$ = 575°C ।

**(৩) ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ**

সমচার্জের ও প্রায় সমআকারের দুটি ক্যাটায়নের মধ্যে সর্ববহিস্থ স্তরে **আট ইলেকট্রনবিশিষ্ট** অর্থাৎ $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাসবিশিষ্ট ক্যাটায়ন অপেক্ষা সর্ববহিস্থ স্তরে **আঠার ইলেকট্রনবিশিষ্ট** অর্থাৎ $ns^2np^6nd^{10}$ বিশিষ্ট ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। IA ও IB উপশ্রেণীর ধাতুসমূহের একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন যেমন $Na^+$ ও $Cu^+$ এর অনার্দ্র ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক তুলনা করলে এটি বোঝা যায়। যেমন NaCl এর গলনাঙ্ক 815°C; অথচ কপার (I) ক্লোরাইড CuCl এর গলনাঙ্ক মাত্র 422°C যা দ্বারা শেষোক্ত যৌগে সমযোজী ধর্মের প্রাধান্য বোঝা যায়। এক্ষেত্রে বহিস্থ স্তরে আটটি ইলেকট্রনবিশিষ্ট $Na^+$ আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ (0.95Å) বা আয়নিক বিভব বহিস্থ স্তরে আঠারটি ইলেকট্রনবিশিষ্ট $Cu^+$ আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ প্রায় সমান (0.96Å)।

## ৬.২২। আয়নিক পটেনশিয়াল বা আয়নিক বিভব
### Ionic Potential

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম থেকে জানা যায় যে, **ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের চার্জ বৃদ্ধির সাথে বাড়ে এবং ক্যাটায়নের আকার বা ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সাথে কমে।** বিভিন্ন ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা তুলনার জন্য এবং মাত্রিকভাবে প্রকাশের জন্য আয়নিক পটেনশিয়াল নামক পদ ব্যবহৃত হয়, যা নিম্নরূপে সংজ্ঞায়িত করা হয় ঃ

ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনশিয়াল, $\phi = \frac{\text{ক্যাটায়নের চার্জ}}{\text{ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ}}$

ক্যাটায়নের $\phi$ এর মান বৃদ্ধির ফলে– (i) লবণটির গলনাঙ্ক স্ফুটনাঙ্ক ক্রম হ্রাস পায়, (ii) পানিতে দ্রাব্যতার হ্রাস ও ধাতব অক্সাইডের ক্ষার ধর্মের হ্রাস ঘটে। (iii) ধাতব কার্বনেট অল্প তাপে বিযোজিত হয়।

## ৬.২৩। বিভিন্ন লবণের ধর্মের উপর পোলারায়নের প্রভাব
### Effect of Polarisation on the Properties of different Salts

আয়নসমূহের পোলারায়ন লবণের আয়নিক ধর্ম থেকে বিচ্যুতি এবং সমভাবে সমযোজী ধর্মের প্রকাশ নির্দেশ করে। আয়নসমূহের পোলারায়ন বৃদ্ধির সাথে যৌগসমূহের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। গলনাঙ্ক ছাড়া অন্যান্য ধর্মের উপরও আয়নসমূহের পোলারায়নের প্রভাব পড়ে। এ সম্পর্কে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হল ঃ

**(১) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** আয়নিক যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি; সমযোজী যৌগের কম। আয়নসমূহের পোলারায়নের সাথে যৌগের সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়, ফলে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়। যেমন NaCl-এর গলনাঙ্ক 815°C, স্ফুটনাঙ্ক 1470°C, $MgCl_2$-এ গলনাঙ্ক 714°C, স্ফুটনাঙ্ক 1412°C ও $AlCl_3$-এর গলনাঙ্ক 190°C

**(২) পোলার দ্রাবকে অদ্রবণীয়তা ঃ** আয়নিক যৌগসমূহ পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয়, সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত অদ্রবণীয়। যৌগের আয়ন খুব বেশি পোলারায়িত হলে তার সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায় ফলে সে যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় হয়। যেমন AgF, AgCl, AgBr ও AgI এ চারটি যৌগের মধ্যে AgF এ অ্যানায়নের পোলারায়ন সবচেয়ে কম; তাই এটি পানিতে দ্রবণীয়, অন্য হ্যালাইডসমূহের পোলারায়ন বেশি ঘটে; তাই এরা পানিতে অদ্রবণীয় হয়।

http://pdfcorner.com

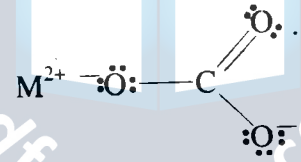
**(৩) যৌগের বর্ণ ঃ** সাধারণত d ও f অরবিটালে অযুগ্ম ইলেকট্রন বিশিষ্ট আয়নের যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়। যৌগের বর্ণযুক্ত হওয়ার অন্যতম কারণ হল, অ্যানায়নের বেশি পোলারায়ন। অক্সাইড, সালফাইড প্রভৃতি আয়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বেশি। ক্যাটায়ন যেমন $Hg^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Pb^{2+}$ প্রভৃতির সাথে উপরিউক্ত অ্যানায়নসমূহের যৌগে অ্যানায়নসমূহ খুব বেশি পোলারায়িত হয়; ফলে এ সব যৌগ বর্ণযুক্ত হয়। যেমন CuS, PbS কালো, CdS হলুদ।

AgF, AgCl, AgBr ও AgI সিরিজে $Ag^+$ আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। হ্যালাইড আয়নসমূহের মধ্যে $F^-$ ও $Cl^-$ আয়ন কম পোলারায়িত হয়; তাই AgF ও AgCl **বর্ণহীন বা সাদা;** $Br^-$ আয়ন বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgBr **হালকা হলুদ**। আয়োডাইড ($I^-$) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgI **গাঢ় হলুদ হয়**।

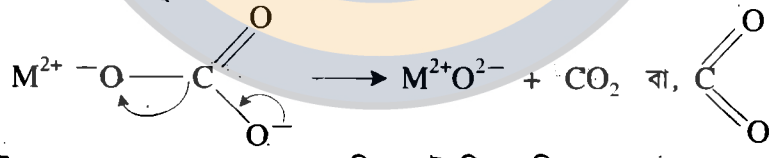
**(৪) হাইড্রেট তৈরির প্রবণতা ঃ** ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বা আয়নিক পটেনশিয়াল যত বেশি হবে, তা পানি (বা অন্য পোলার দ্রাবক) এর অণু তত তীব্রভাবে আকর্ষণ করবে; ফলে হাইড্রেট তৈরির প্রবণতা বৃদ্ধি পাবে। তাই দেখা যায়, IA উপশ্রেণীর মৌলসমূহের লবণ সাধারণত হাইড্রেট তৈরি না করলেও লিথিয়াম আয়নের আয়নিক পটেনশিয়াল বেশি হওয়ায় এর লবণসমূহ হাইড্রেট তৈরি করে; যেমন $LiCl.\ 2H_2O$।

**(৫) ধাতব অক্সাইডের ক্ষারীয় প্রকৃতি ঃ** ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনশিয়ালের মান বেশি হলে ধাতু-অক্সিজেনের বন্ধনে সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায় এবং অক্সাইডসমূহের ক্ষারক হিসেবে শক্তি হ্রাস পায়। যেমন $Na_2O$ MgO অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী ক্ষারক, কেননা $Na^+$ আয়নের আয়নিক পটেনশিয়াল $= \frac{1}{0.95} = 1.05$ এবং $Mg^{2+}$ আয়নের আয়নিক পটেনশিয়াল $\frac{2}{0.66} = 3.03$।

**(৬) ধাতব কার্বনেটসমূহের তাপীয় স্থিতি ঃ** $MCO_3$ সংকেত বিশিষ্ট একটি কার্বনেট যৌগের গঠন নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ



ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনশিয়াল বেশি হলে তা কার্বনেট আয়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। ফলে কার্বনেট লবণটির নিম্নরূপ ধাতব অক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে বিযোজিত হওয়ার প্রবণতা বাড়ে ঃ



গ্রুপ IIA মৌলের আয়ন ($M^{2+}$) সমূহের আয়নিক পটেনশিয়াল নিম্নরূপে বাড়ে। সুতরাং এ সব আয়নের কার্বনেটসমূহের তাপীয় স্থিতি একই ক্রমানুসারে কমে; যা তাদের বিযোজন তাপমাত্রা থেকে বোঝা হয় ঃ

$$Ba^{2+} < Sr^{2+} < Ca^{2+} < Mg^{2+} < Be^{2+}$$

$BaCO_3 = 998°C$ ; $SrCO_3 = 778°C$ ; $CaCO_3 = 547°C$ ; $MgCO_3 = 350°C$ ; $BeCO_3 = 100°C$

উল্লেখ্য, গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের আয়নের আয়নিক পটেনশিয়াল কম; একমাত্র $Li^+$ আয়ন ছাড়া এদের কার্বনেটসমূহ সহজে বিযোজিত হয় না। অন্যান্য ধাতব পরমাণুর আয়নসমূহের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হওয়ায় তাদের কার্বনেটসমূহ উচ্চতাপে বিযোজিত হয়। যেমন,

$$Ag_2CO_3\ (s) \xrightarrow{\Delta} Ag_2O\ (s) + CO_2\ (g)$$

$$CuCO_3\ (s) \xrightarrow{\Delta} CuO\ (s) + CO_2\ (g)$$

$$Na_2CO_3\ (s) \xrightarrow{\Delta} \text{কোন বিক্রিয়া নেই}$$

http://pdfcorner.com

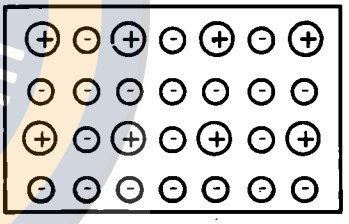
## ৬.২৪। ধাতব বন্ধন
### Metallic Bond

এ পর্যন্ত যে ১১২টি মৌল আবিষ্কৃত এবং IUPAC কর্তৃক অনুমোদিত হয়েছে তাদের প্রায় শতকরা ৮০ ভাগ হল ধাতু। প্রকৃতপক্ষে সব d-ব্লক ও f-ব্লক–এর মৌল হল ধাতু। এছাড়া হাইড্রোজেন ব্যতীত গ্রুপ IA এর সব মৌল; গ্রুপ IIA এর সব মৌল; বোরন ব্যতীত গ্রুপ IIIA এর সব মৌল; কার্বন, সিলিকন ও জার্মেনিয়াম ব্যতীত গ্রুপ IV এর মৌলসমূহ; নাইট্রোজেন, ফসফরাস ব্যতীত গ্রুপ V এর মৌলসমূহ এবং অক্সিজেন, সালফার, সেলিনিয়াম ব্যতীত গ্রুপ VIA এর মৌলসমূহ ধাতু। একমাত্র শূন্য গ্রুপের নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ এবং গ্রুপ VIIA এর মৌলসমূহ অধাতু। তবে গ্রুপ VIIA এর At, গ্রুপ VIA এর Se, গ্রুপ IV এর Si ও Ge মৌলসমূহকে অর্ধধাতু বা মেটালয়েড (metaloid) হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

**(ক) ধাতব বন্ধনের সংজ্ঞা ঃ কঠিন ধাতব খন্ডে ধাতুর পরমাণুসমূহ পরস্পরের সাথে যে আকর্ষণ বল দ্বারা আবদ্ধ থাকে, তাকে ধাতব বন্ধন বলা হয়।** ধাতুর গঠন ও বন্ধন ব্যাখ্যার জন্য কয়েকটি মতবাদ আছে। তন্মধ্যে (১) ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ, (২) যোজনী বন্ধন মতবাদ ও (৩) আণবিক অরবিটাল মতবাদ উল্লেখযোগ্য।

**১। ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ (Electron gas theory) ঃ** ১৯০০ সালে বিজ্ঞানী ড্রুড (Drude) ধাতব বন্ধন ব্যাখ্যার জন্য ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ প্রথম প্রকাশ করেন। পরবর্তীতে বিজ্ঞানী লরেঞ্জ (Lorentz) এর উৎকর্ষতা সাধন করেন। এ কারণে এ মতবাদকে **ড্রুড–লরেঞ্জ মতবাদ** (Drude – Lorentz theory)-ও বলা হয়।

ইলেকট্রন–গ্যাস মতবাদ অনুসারে ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুসমূহ এদের **যোজ্যতাস্তরের** এক বা **একাধিক ইলেকট্রন** ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়ন বা **পারমাণবিক শাঁস** (atomic core) তৈরি করে। পারমাণবিক শাঁসগুলোর মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ সৃষ্টি হয় বলে এরা নির্দিষ্ট স্থানে সুশৃঙ্খলভাবে অবস্থান করে। এদের মধ্যবর্তী স্থানসমূহে ইলেকট্রনসমূহ সঞ্চরণশীল থাকে। এভাবে **মুক্ত ও সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন দ্বারা ধাতুর পরমাণুসমূহ যে বন্ধনে আবদ্ধ থাকে, এটাকে ধাতব বন্ধন বলা হয়।**



চিত্র ৬.১৩ ঃ ধাতব স্ফটিক।

**(খ) ইলেকট্রন-গ্যাস মতবাদ অনুসারে বিভিন্ন ধাতব ধর্ম সহজেই ব্যাখ্যা করা যায় ঃ**

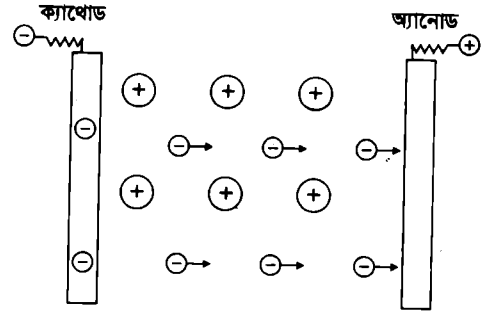
**(১) ধাতব ঔজ্জ্বল্য (Metallic lustre) ঃ** যখন কোন ধাতুর উপর দৃশ্যমান আলো পতিত হয় তখন ধাতুর পৃষ্ঠতলের ইলেকট্রনসমূহ আপতিত বিকিরণের স্পন্দনের সাথে কম্পিত হতে থাকে এবং একই স্পন্দন সংখ্যা বিশিষ্ট আলো ইলেকট্রন কর্তৃক বিচ্ছুরিত হয় যা আমাদের চোখে পড়ে। ফলে ধাতুর পৃষ্ঠতল ঝকঝকে উজ্জ্বল দেখায়।

**(২) নমনীয়তা অথবা ঘাত সহনশীলতা (Ductility or Malleability) ঃ** সাধারণত পদার্থসমূহ আঘাতে ভেঙে চূর্ণ বিচূর্ণ হয়, কিন্তু ধাতুসমূহকে আঘাত করলে এরা ভেঙে যায় না; বরঞ্চ এদের পিটিয়ে লম্বাপাত বা টেনে সরু তারে রূপান্তরিত করা যায়। ধাতুর এ **ধর্মকে নমনীয়তা বা ঘাত সহনশীলতা বলা হয়।** ধাতব স্ফটিকে ধাতব বন্ধন কোন নির্দিষ্ট দিকে বিস্তৃত নয় বলে এদের স্ফটিককে সহজে বিকৃত করা যায়। এ কারণেই ধাতু অতি সহনশীল ও নমনীয় হয়।

**(৩) উচ্চ তড়িৎ ও তাপীয় পরিবাহিতা ঃ** সব ধাতু বিদ্যুৎ সুপরিবাহী। ধাতুসমূহ অতি সহজে তাপও পরিবহন করে। যেহেতু ধাতব স্ফটিকের অভ্যন্তরীণ ইলেকট্রনসমূহ স্বাধীনভাবে চলাচল করে, সেহেতু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের

http://pdfcorner.com

প্রভাবে সহজেই ঋণাত্মক প্রান্ত থেকে ধনাত্মক প্রান্তে চলাচল করে এবং এভাবেই বিদ্যুৎ পরিবহন করে। যেহেতু বিদ্যুৎ পরিবহনের সময় পারমাণবিক শাঁসসমূহ একই স্থানে অবস্থান করে এবং ইলেকট্রনসমূহ একস্থান থেকে অন্যস্থানে চলাচল করলেও সামগ্রিকভাবে ইলেকট্রনের সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না, ফলে বিদ্যুৎ পরিবহনের জন্য ধাতব স্ফটিকে কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।



চিত্র ৬.১৪ ঃ ধাতব স্ফটিকে বিদ্যুৎ পরিবাহিতা।

ধাতব স্ফটিকের এক প্রান্তে তাপ প্রয়োগ করলে সে স্থানের ইলেকট্রনসমূহের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। ইলেকট্রনসমূহ মুক্তভাবে চলাচল করে। ফলে এ গতিশক্তি অন্যস্থানেও সঞ্চারিত হয়। এভাবেই ধাতু সহজে তাপ পরিবহন করে।

**(৪) সহজেই ইলেকট্রন ত্যাগ ঃ** ধাতুসমূহ থেকে সহজেই ইলেকট্রন বের করা যায়। যেমন বিভিন্ন ধাতুকে উত্তপ্ত করলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়। একে ইলেকট্রনের **তাপায়নিক নিঃসরণ** (thermoionic emission of electron) বলা হয়। এছাড়া ক্ষুদ্র তরঙ্গবিশিষ্ট বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ (অতিবেগুনি রশ্মি) ধাতুর উপর পতিত হলে এটি থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়। এ প্রক্রিয়াকে **আলোক তড়িৎ প্রভাব** (photoelectric effect) বলা হয়।

**সীমাবদ্ধতা ঃ** ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ ধাতুর অনেক ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারলেও এর কিছু সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন, (১) যেহেতু ধাতব স্ফটিকে মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ চলাচল করে, সেহেতু ধাতুসমূহ প্যারাচৌম্বকীয় হওয়া উচিত। কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে ধাতুসমূহের প্যারাচৌম্বকত্ব সামান্য। (২) অর্ধধাতুসমূহের অর্ধ-পরিবাহিতার (semiconductance এর ) কোন ব্যাখ্যা এতে পাওয়া যায় না। (৩) কোন কোন ধাতুর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বেশি এবং কোন কোন ধাতুর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা কম কেন তা ব্যাখ্যা করতে পারে না। যেমন Ag এর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা Pb থেকে বেশি। (৪) টাংস্টেনের গলনাঙ্ক 3300°C; কিন্তু পারদের গলনাঙ্ক −39°C কেন তা ব্যাখ্যা করতে পারে না। (৫) অসমিয়াম ধাতু অত্যন্ত শক্ত, এটি কাচের গায়ে দাগ কাটতে পারে। এর কোন ব্যাখ্যা করতে পারে না।

## ৬.২৫। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ঃ ভ্যানডার ওয়ালস বল
### Intermolecular Force : Van der Waals Force

আয়নিক কঠিন পদার্থে আয়নসমূহের মধ্যে যে ধরনের শক্তিশালী আকর্ষণ বিদ্যমান, সমযোজী যৌগের অণুসমূহের মধ্যে সে ধরনের কোন শক্তিশালী আকর্ষণ নেই। এর কারণ হচ্ছে সমযোজী যৌগের একটি অণু আরেকটি অণুকে বাহ্যিক শক্তিশালী স্থির বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা আকর্ষণ করে না। এর ফলে সমযোজী যৌগের অণুসমূহ বিচ্ছিন্ন কণিকা হিসেবে অবস্থান করে এবং সমযোজী যৌগসমূহ কক্ষ তাপমাত্রায় সাধারণত গ্যাস বা তরল বা নিম্ন গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন পদার্থ।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসে $Na^+$ ও $Cl^-$ আয়নসমূহ পরস্পর থেকে পৃথক করতে 510 $kJmol^{-1}$ শক্তি প্রয়োজন। অপরদিকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুর মধ্যকার দুটি পরমাণুকে (ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন) পরস্পর থেকে



http://pdfcorner.com

পৃথক করতে 431 $kJmol^{-1}$ শক্তি প্রয়োজন। অর্থাৎ সোডিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়নের মধ্যকার বন্ধন শক্তি এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুতে একটি ক্লোরিন ও একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যকার বন্ধন শক্তি প্রায় একই মাত্রার। কিন্তু দুটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুর মধ্যকার আকর্ষণ বল খুবই দুর্বল।

সাধারণ সমযোজী যৌগের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণী বল দুর্বল এবং তাপীয় কম্পন অতি সহজেই এ আকর্ষণ বলকে অতিক্রম করতে পারে। সমযোজী অণুসমূহের মধ্যবর্তী দুর্বল আকর্ষণ শক্তিকে আন্তঃআণবিক বল বা শক্তি বলা হয়। **অপর কথায়, সমযোজী যৌগসমূহের একটি অণু অন্যান্য অণু কর্তৃক যে দুর্বল বল দ্বারা আকৃষ্ট হয়, তাকে 'আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল' বলা হয়।**

এ 'আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল' নিম্নোক্ত শ্রেণীতে বিভক্ত। যেমন,

(১) ডাইপোল–ডাইপোল আকর্ষণ ঃ (Dipole-dipole interaction)

(২) ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল ঃ (Van der Waals forces)

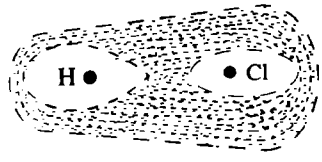
(৩) হাইড্রোজেন বন্ধন ঃ (Hydrogen bonding)

আবার বলের উৎস অনুসারে, ভ্যানডার ওয়ালস্ বল নিম্নোক্ত শ্রেণীতে বিভক্ত। যেমন, (i) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ বল (attraction between permanent & induced dipoles), (ii) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল (dispersion forces or F. London forces)

**(১) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ ঃ** সমযোজী বন্ধন দ্বারা যৌগ অণু সৃষ্টিতে উভয় পরমাণু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান ও শেয়ার করলেও এ শেয়ার উভয় পরমাণুর মধ্যে সাধারণত সমভাবে হয় না। যে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি সে মৌলের পরমাণুর দিকে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব বেড়ে যায়। ফলে সে পরমাণুতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ এবং অন্য মৌলের পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ সৃষ্টি হয়। এরূপ অণুর দুই প্রান্তে সৃষ্ট ভিন্ন চার্জ বা মেরুকে ডাইপোল বলে এবং অণুটিকে পোলার অণু বলে। আবার ডাইপোল দু প্রকার। যেমন, (i) স্থায়ী ডাইপোল ও (ii) অস্থায়ী ডাইপোল।

**(১) স্থায়ী ডাইপোল ঃ** হাইড্রোজেন অপেক্ষা ক্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি হওয়ায় HCl অণুতে শেয়ারকৃত ইলেকট্রনযুগল ক্লোরিন পরমাণুর চারদিকে বেশি অবস্থান করে, ফলে এ যৌগে ক্লোরিন প্রান্তে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ এবং হাইড্রোজেন প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জ সৃষ্টি হয়। এরূপে সৃষ্ট ডাইপোল হল স্থায়ী ডাইপোল। স্থায়ী ডাইপোলার অণু হল HCl, $H_2O$, $NH_3$। নিম্নের চিত্রে এ অবস্থা দেখানো হয়েছে। "δ" দ্বারা আংশিক চার্জ বোঝানো হয়েছে।

বিপরীতধর্মী বৈদ্যুতিক চার্জের মধ্যে আকর্ষণ এবং সমধর্মী বৈদ্যুতিক চার্জের মধ্যে বিকর্ষণের ফলে পোলার অণুসমূহ এমনভাবে সজ্জিত হয়ে থাকে যেন একটি অণুর একটি ধনাত্মক মেরু অন্য অণুর ঋণাত্মক মেরুর সন্নিকটে থাকে। যেমন,

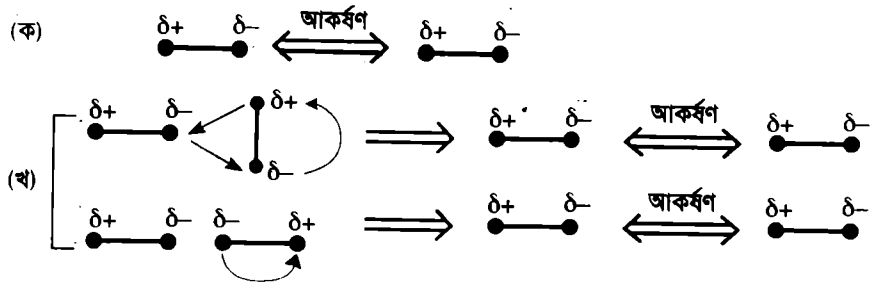



চিত্র ৬.১৫ ঃ শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলের অবস্থান ও আংশিক আধান সৃষ্টি।

(ক) দুটি পোলার অণু একই দিকে (head to tail) অবস্থিত হলে তাদের মধ্যে আকর্ষণ (↔) হয়।

(খ) দুটি পোলার অণু বিপরীত দিকে (head to head) অবস্থিত হলে তাদের মধ্যে বিকর্ষণ হয়।

http://pdfcorner.com




চিত্র ৬.১৬ ঃ বিপরীতধর্মী বৈদ্যুতিক চার্জবিশিষ্ট অণুসমূহের বিন্যাস।

উল্লেখ্য ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণকে অনেক সময় **স্থিতিশীল ডাইপোল-স্থিতিশীল ডাইপোল আকর্ষণও** বলা হয় এবং এ আকর্ষণ কেবল পোলার অণুর বেলায় ঘটে।

আয়নিক যৌগের বেলায় ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল প্রযোজ্য নয়। কারণ আয়নিক যৌগের কেলাসে যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইডে স্বতন্ত্র কোন অণু থাকে না, সেখানে শুধু ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নের সমাবেশ হওয়ায় ডাইপোল–ডাইপোল বলের উৎসের সাথে কোন সামঞ্জস্য নেই।

**(২) ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল ঃ** অপোলার সমযোজী মৌলিক অণু যেমন $O_2$, $N_2$, $Cl_2$ ইত্যাদি এবং যৌগিক অণু যেমন মিথেন ($CH_4$), বেনজিন ($C_6H_6$), টলুইন ($C_6H_5CH_3$) ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস অণুসমূহে এক প্রকার দুর্বল আকর্ষণ বল আছে। **অপোলার সমযোজী অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল বলা হয়।** সর্বপ্রথম রসায়নবিদ ভ্যানডার ওয়ালস্ বাস্তব গ্যাস $O_2$, $N_2$, $Cl_2$, $H_2$ ইত্যাদি নিয়ে পরীক্ষাকালীন এরূপ আকর্ষণ বলের অস্তিত্ব অনুধাবন করেন বলে তাঁর নামানুসারে ঐ বলের এরূপ নামকরণ হয়েছে।

**ভ্যানডার ওয়ালস বলের বৈশিষ্ট্য ঃ**

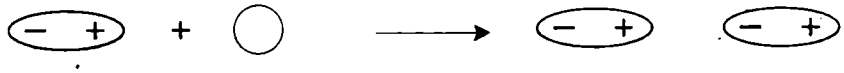
(i) এ বল খুবই দুর্বল প্রকৃতির; অণুসমূহ খুব নিকটে আসলে এ বল ক্রিয়াশীল হয়। নিকটস্থ অণুসমূহে ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল সৃষ্টির কারণে এ আকর্ষণ বলের উদ্ভব ঘটে। এ আকর্ষণ বলের কারণে গ্যাসকে তরল করা যায়।

(ii) ডাইপোল–ডাইপোল আকর্ষণ বলের চেয়ে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল দুর্বল। সমযোজী বন্ধন শক্তির তুলনায় এটি অতি ক্ষুদ্র। যেমন $O_2$-অণুর সমযোজী বন্ধন শক্তি 402 $kJmol^{-1}$ কঠিন অবস্থায় অক্সিজেন অণুসমূহের মধ্যস্থ ভ্যানডার ওয়ালস্ বলের মান মাত্র 7 $kJmol^{-1}$।

(iii) ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বলের কোন দিক্ নির্দেশক ধর্ম নেই।

(iv) ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল উৎস অনুসারে দু শ্রেণীতে বিভক্ত। যেমন, (ক) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (খ) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল।

**(১) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ ঃ** যখন কোন অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ বৃহৎ স্থান দখল করে থাকে (diffuse) এবং আরেকটি অণু বা আয়নের একটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত প্রান্ত তার নিকটে আসে, তবে প্রথম অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ সেদিকে আকৃষ্ট হয় এবং ফলে সেদিকে আংশিক ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। এর ফলে অন্য প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এভাবে আবিষ্ট চার্জ সৃষ্টি হওয়াকে **পোলারায়ন** (polarisation) বলা হয়। স্থায়ী ডাইপোল এবং আবিষ্ট ডাইপোলের নিকটবর্তী প্রান্তদ্বয় বিপরীতধর্মী হওয়ায় তাদের মধ্যে আকর্ষণ সৃষ্টি হয়।




চিত্র ৬.১৭ ঃ স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ সৃষ্টি।

http://pdfcorner.com

**(২) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল ঃ** বিস্তারণ বলকে ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয়। এটি সব ধরনের অপোলার অণু ও পরমাণুর বেলায় কার্যকর। তবে একটি পরমাণু বা অণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা যত বেশি হয় এবং বহিস্থ ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ যত কম হয়, ততই এ আকর্ষণ বাড়ে। দুটি অণু বা পরমাণু পরস্পরের যত নিকটে আসে, ততই এ আকর্ষণ বাড়ে; আর সরে গেলে আকর্ষণ দ্রুত হ্রাস পায়। যেমন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের দুটি পরমাণু খুব নিকটে আসলে তাদের মধ্যে বিকর্ষণের সৃষ্টি হয়। বিকর্ষণ সৃষ্টি না করে যতটুকু নিকটে আসা যায়, সে দূরত্ব হচ্ছে দুটি অণু বা পরমাণুর ভ্যান্ডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধের যোগফল। নিচে এ আকর্ষণের উৎস ব্যাখ্যা করা হল।

চিত্র ৬.১৮ ঃ বিস্তারণ বলের সৃষ্টি।

যে কোন অণু বা পরমাণুতে দ্রুত ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনসমূহের বিস্তারণ যে কোন মুহূর্তে–এর সব অবস্থানে সমভাবে হতে পারে না। অর্থাৎ যে কোন মুহূর্তে নিউক্লিয়াসের কোন একটি অংশে ইলেকট্রন মেঘ–এর ঘনত্ব বেশি হবে, অর্থাৎ ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক বিকৃতি ঘটে এবং সে স্থানে আংশিক ঋণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়, যা খুবই ক্ষণস্থায়ী। একই সাথে অন্যত্র ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পায়, সেখানে ক্ষণস্থায়ী আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক বিকৃতি বিস্তারণ বল বা লন্ডন বলের উৎস। এরূপ ইলেকট্রন মেঘের বিকৃত হওয়ার ক্ষমতাকে **পোলারায়ন ক্ষমতা** বলা হয়। অর্থাৎ **যে অণু বা পরমাণু সার্বিকভাবে পুরোপুরি অপোলার তাতেও সর্বদা ক্ষণস্থায়ী ডাইপোলের সৃষ্টি হয়।** এর ফলে নিকটস্থ আরেকটি অণু বা পরমাণুতেও আবিষ্ট ডাইপোলের সৃষ্টি হয়। এর ফলে এদের মধ্যে আকর্ষণের সৃষ্টি হয়। এরূপে বিস্তারণ বল অণু বা পরমাণুতে ঘটতে থাকে।

**(i) বিস্তারণ বল, আণবিক ভর ও স্ফুটনাঙ্ক সম্পর্ক ঃ বিস্তারণ বলের মাধ্যমে একই ধরনের যৌগসমূহের আণবিক ভর এবং স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক আছে।** যে যৌগের আণবিক ভর যত বেশি, তাতে তত বেশি সংখ্যক ইলেকট্রন বিদ্যমান। সুতরাং সে যৌগের অণুসমূহের মধ্যে বিস্তারণ বল বৃদ্ধি হেতু আকর্ষণও বেশি। যেহেতু আণবিক ভর বাড়লে বিস্তারণ বল বাড়ে, তাই আকর্ষণ বাড়ে অর্থাৎ আন্তঃআণবিক শক্তি বাড়ে; সেহেতু পদার্থের স্ফুটনাঙ্কও বাড়ে। হাইড্রোকার্বনসমূহের আণবিক ভরের বিপরীতে স্ফুটনাঙ্ক বিবেচনা করলে এ বক্তব্যের প্রমাণ মিলে। একথা অন্যান্য সব যৌগের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য।

**নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের অণু একপরমাণুক;** সুতরাং তাদের বেলায় দ্বিপোল–দ্বিপোল আকর্ষণ বা দ্বিপোল – আবিষ্ট দ্বিপোল আকর্ষণ সৃষ্টির প্রশ্ন উঠে না। এদের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র বিস্তারণ বল কার্যকর। যেহেতু ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে বিস্তারণ বল বৃদ্ধি পায়, সেহেতু নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা (অর্থাৎ ইলেকট্রন সংখ্যা) বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। যেমন হিলিয়াম (পাঃ সংখ্যা 2) স্ফুটনাঙ্ক 4.2 K, নিয়ন (পাঃ সংখ্যা 10 ) স্ফুটনাঙ্ক 27 K, আর্গন (পাঃ সংখ্যা 18) স্ফুটনাঙ্ক 39.95 K, ক্রিপটন (পাঃ সংখ্যা 36) স্ফুটনাঙ্ক 119.7 K, জেনন (পাঃ সংখ্যা 58) স্ফুটনাঙ্ক 165 K ।

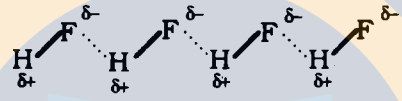
http://pdfcorner.com

## ৬.২৬। হাইড্রোজেন বন্ধন
### Hydrogen Bonding

অধাতুর মৌলসমূহের মধ্যে হাইড্রোজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বা ইলেকট্রোনিগেটিভিটি খুব কম। ফ্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশি। তড়িৎ-ঋণাত্মকতার তালিকায় ফ্লোরিনের পরেই অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন।

**সংজ্ঞা ঃ হাইড্রোজেন পরমাণু যখন উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল যেমন ফ্লোরিন, অক্সিজেন, ক্লোরিন এবং নাইট্রোজেনের সাথে মিলিত হয়ে সমযোজী যৌগ গঠন করে, তখন এদের মধ্যে পোলারিটি বা দ্বিমেরু সৃষ্টি হয়। এ রূপে সৃষ্ট পোলার অণুসমূহ যখন পরস্পরের নিকটে আসে তখন একটি অণুর ধনাত্মক হাইড্রোজেন প্রান্ত অন্য অণুর ঋণাত্মক প্রান্তের দিকে বিশেষভাবে আকৃষ্ট হয়ে একটি দুর্বল বন্ধন সৃষ্টি করে। এই দুর্বল আকর্ষণকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলা হয়।** হাইড্রোজেন বন্ধনকে ডট্ ডট্ ".....'' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

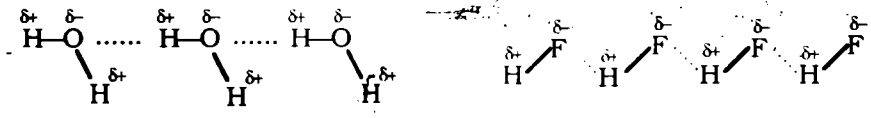
**উদাহরণ ঃ** হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড $(\overset{\delta+}{H}\overset{\delta-}{F})$, পানি $(\overset{\delta+}{H}_2\overset{\delta-}{O})$ অণু ইত্যাদির মধ্যে H- বন্ধন ঘটে। যেমন,



**বৈশিষ্ট্য ঃ** (১) হাইড্রোজেন বন্ধন স্থির বৈদ্যুতিক প্রকৃতির এবং দুর্বল প্রকৃতির বন্ধন। (২) হাইড্রোজেন বন্ধন শক্তি সাধারণত 41.84 $kJmol^{-1}$ অপেক্ষা বেশি হয় না। সমযোজী বন্ধনসমূহ বহুগুণ বেশি শক্তিশালী (সাধারণত 200–418.4 $kJmol^{-1}$)। এ কারণে হাইড্রোজেন বন্ধনকে সত্যিকার অর্থে রাসায়নিক বন্ধন বলা যায় না। (৩) H-বন্ধনের উপস্থিতির ফলে সমযোজী যৌগের ধর্মে বিশেষ পরিবর্তন ঘটে। তাই যৌগের ধর্ম নির্ণয়ে ও ব্যাখ্যায় এটি বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ।

**(ক) সমযোজী যৌগের ধর্মে হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রভাব ঃ**

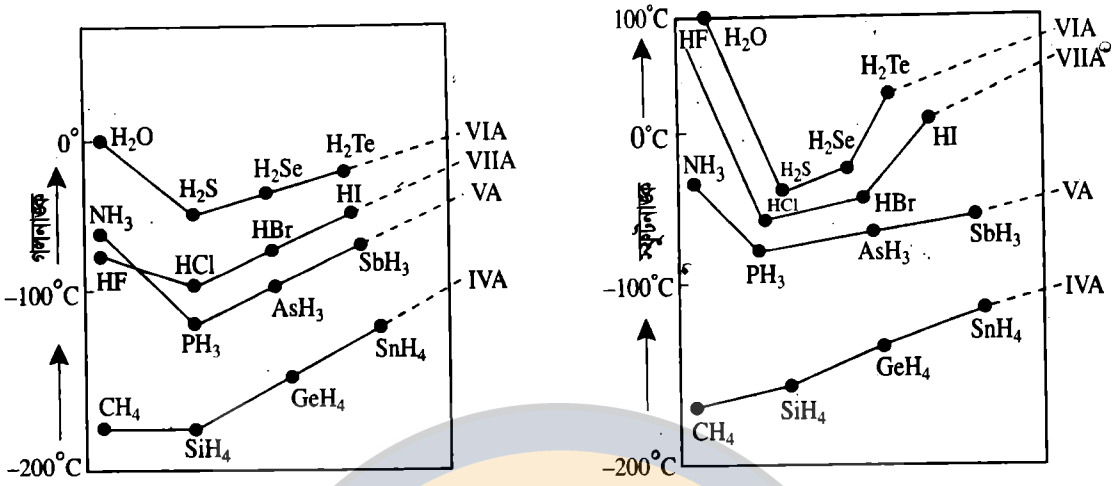
**(১) উচ্চতর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে অণুসমূহের বিপরীত প্রান্তসমূহ পরস্পরের প্রতি আকৃষ্ট হয়ে বিরাট অণুগুচ্ছ সৃষ্টি করে; যেমন কঠিন অবস্থায়, HF ও $H_2O$ এর অণুসমূহ সংবদ্ধ হয়ে (৬.২১নং চিত্র অনুযায়ী) অবস্থান করে। হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা সংবদ্ধ অসংখ্য পানি অণুকে $(H_2O)_n$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তরল অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পরের সংস্পর্শে থাকলেও তারা মোটামুটি মুক্তভাবে চলাফেরা করে। তরল অবস্থায় হাইড্রোজেন বন্ধন থাকলেও কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় আনতে কিছু হাইড্রোজেন বন্ধন ভাঙা অপরিহার্য। এ কারণে সাধারণ সমযোজী যৌগ অপেক্ষা এসব যৌগের গলনের ক্ষেত্রে অধিকতর তাপ-শক্তি প্রয়োগ প্রয়োজন। ফলে এসব যৌগের গলনাঙ্ক একই ধরনের অন্যান্য যৌগ অপেক্ষা অনেক বেশি হয়।



চিত্র ৬.১৯ ঃ $H_2O$ অণুসমূহ অর্থাৎ $(H_2O)_n$ ও HF অণুসমূহ অর্থাৎ $(HF)_n$ এর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন।

বাষ্পীয় অবস্থায় অণুসমূহ পরস্পর থেকে সম্পূর্ণভাবে বিচ্ছিন্ন থাকে। ফলে বাষ্পীয় অবস্থায় আনতে সব হাইড্রোজেন বন্ধন ভাঙা প্রয়োজন। এ কারণে হাইড্রোজেন বন্ধনযুক্ত যৌগের স্ফুটনাঙ্ক ও তুলনীয় অন্যান্য যৌগ অপেক্ষা অনেক বেশি হয়। ৬.২০ নং চিত্রে IVA, VA, VIA VIIA উপশ্রেণীর মৌলসমূহের হাইড্রাইডের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক লেখচিত্র আকারে দেখানো হল ঃ

http://pdfcorner.com



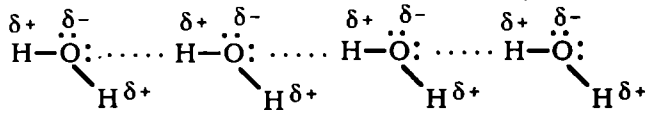

চিত্র ৬.২০ ঃ (ক) বিভিন্ন হাইড্রাইডের গলনাঙ্ক; (খ) বিভিন্ন হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক।

৬.২০ নং চিত্র থেকে এটি স্পষ্ট যে, IVA উপশ্রেণীর হাইড্রাইডসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে মোটামুটি রৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায়। অন্যান্য শ্রেণীর হাইড্রাইডসমূহ একই ধরনের ধর্ম প্রদর্শন করলেও $H_2O$, $NH_3$, HF এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক এ নিয়মের বহির্ভূত এবং অনেক বেশি।

আবার VIA উপশ্রেণীর মৌলসমূহের হাইড্রাইডসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক (যেমন $H_2S$ এর গলনাঙ্ক –85.5°C ও স্ফুটনাঙ্ক –60.7 °C; $H_2Te$ এর গলনাঙ্ক – 2 °C ও স্ফুটনাঙ্ক – 49°C) থেকে এটি স্পষ্ট যে, লেখচিত্রটি বর্ধিত করলে $H_2O$ এর গলনাঙ্ক, – 100°C এবং স্ফুটনাঙ্ক, – 80°C এর কাছাকাছি হওয়া উচিত ছিল; কিন্তু বাস্তবে $H_2O$- এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 0°C ও 100°C।

**সমস্যা–১। কক্ষতাপমাত্রায় $H_2O$ হল তরল, কিন্তু $H_2S$ হল গ্যাস; –এর ব্যাখ্যা**

পর্যায় সারণির একই গ্রুপ VIA এর মৌল হল O এবং S। তাই তাদের হাইড্রাইড যেমন $H_2O$ ও $H_2S$ এর ধর্মে গ্রুপভিত্তিক মিল থাকা স্বাভাবিক। কিন্তু $H_2S$ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অথচ $H_2O$ তরল। এর কারণ— পানি অণু ($H_2O$) হল পোলার; কিন্তু $H_2S$ হল অপোলার। পোলার $H_2O$ অণুসমূহের মধ্যে H-বন্ধন গঠন সম্ভব। অপোলার $H_2S$ অণুর মধ্যে H-বন্ধন সম্ভব নয়। হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিত থাকার ফলে $H_2O$ অণুসমূহ পরস্পরকে আকৃষ্ট করে সংবদ্ধ বা গুচ্ছ আকারে রাখে। ফলে আন্তঃআণবিক দূরত্ব হ্রাস পাওয়ায় গুচ্ছ অণু রূপে $H_2O$ তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়। অপরদিকে $H_2S$ অণুসমূহে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন সম্ভব নয় বলে এরা পৃথক অণুরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। $H_2S$ অণুগুলোর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল থাকে।



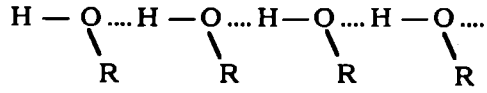
চিত্র ৬.২১ ঃ পানি অণু ($H_2O$) সমূহের মধ্যে H বন্ধন (.....)।

অনুরূপভাবে $NH_3$ এবং HF অণুতে হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতির কারণে তাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় অন্যান্য যৌগের তুলনায় বেশি।

জৈব যৌগেও হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিত থাকার ফলে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। যেমন, হাইড্রোজেন বন্ধনবিহীন $CH_4$, $C_2H_6$, সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস। যখন এদের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে –OH গ্রুপ দ্বারা

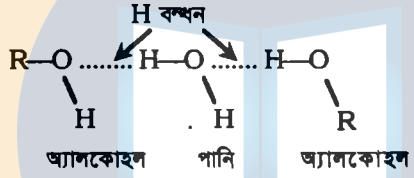
http://pdfcorner.com

প্রতিস্থাপিত করা হয় তখন সৃষ্ট যৌগসমূহ যেমন $CH_3OH$, $C_2H_5OH$ প্রভৃতির গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক এত বেশি বৃদ্ধি পায় যে, কক্ষ তাপমাত্রায় এরা তরল। জৈবযৌগ অ্যালকোহল ও এসিডসমূহে হাইড্রোজেন বন্ধন থাকায় এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি এবং কক্ষ তাপমাত্রায় এরা তরল অথবা কঠিন পদার্থ হয়।



চিত্র ৬.২১(ক) ঃ অ্যালকোহল অণু (R-O-H) সমূহে হাইড্রোজেন বন্ধন (.....)।

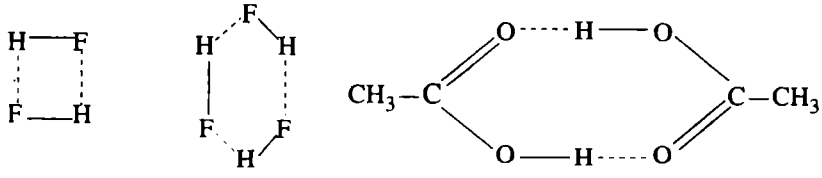
**(২) পানিতে দ্রবণীয়তা ঃ** সাধারণভাবে সমযোজী যৌগসমূহ পানিতে অদ্রবণীয়; যেমন, $CCl_4$, $C_6H_6$ প্রভৃতি সমযোজী জৈব যৌগ পানিতে অদ্রবণীয়। কিন্তু জৈব যৌগ অ্যালকোহল (R-OH), এসিড (R-COOH), অ্যালডিহাইড (R-CHO), কিটোন (R-CO-R) প্রভৃতি পানিতে দ্রবণীয়। বিশেষত যদি তাদের আণবিক ভর কম হয় অথবা একটি অণুতে অক্সিজেনযুক্ত কার্যকরী মূলক যেমন –OH মূলক, –COOH মূলক, –CHO মূলক ইত্যাদি উপস্থিত থাকে। এর কারণ হচ্ছে, এসব জৈব যৌগ তাদের কার্যকরী মূলক দ্বারা পানির অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। ফলে তাদের মধ্যকার আকর্ষণের জন্য পরস্পরের অণুসমূহ মিশ্রিত হতে পারে।




চিত্র ৬.২২ ঃ অ্যালকোহল ও পানির অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন (.....)।

বিভিন্ন কার্বোহাইড্রেট যেমন–গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$), চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) প্রভৃতিও একই কারণে পানিতে দ্রবণীয়। কেননা, এসব যৌগের অণুতে একাধিক –OH গ্রুপ বিদ্যমান। অবশ্য অণুর আকার খুবই বৃহৎ হলে তা আর পানিতে দ্রবীভূত হয় না; যেমন, সেলুলোজ $(C_6H_{10}O_5)_n$ এখানে $n = 300 \sim 3000$ পর্যন্ত।

**(৩) ডাইমার ও আর্দ্র কেলাস গঠন ঃ** হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড, অ্যাসিটিক এসিড প্রভৃতি কয়েকটি যৌগের বাষ্পে একক অণু (monomer) ছাড়াও কিছু ডাইমার ও ট্রাইমার অণু প্রভৃতি পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতির কারণেই এটি হয়; যেমন $(HF)_2$, $(HF)_3$, $(CH_3COOH)_2$ এর গঠন নিম্নরূপ ঃ

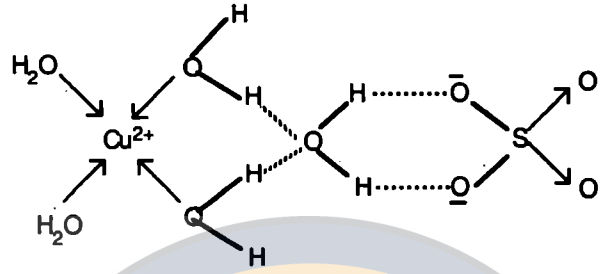


চিত্র ৬·২৩ ঃ HF ও $CH_3COOH$ এর ডাইমার ও ট্রাইমার গঠন।

ধাতব নাইট্রেট, সালফেট প্রভৃতি যৌগ সাধারণত পানি অণুর সাথে যুক্ত হয়ে কেলাস তৈরি করে। তখন ঐ পানি অণুকে **কেলাস পানি** বলা হয়; যেমন তুঁতে ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)। অনেক ক্ষেত্রে এক বা একাধিক পানি অণু অ্যানায়নের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে যুক্ত হয়; যেমন, $CuSO_4, 5\,H_2O$ যৌগে ৪টি পানির অণু $Cu^{2+}$ আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনের সাহায্যে যুক্ত থাকে; পঞ্চম অণুটি $SO_4^{2-}$ আয়নের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের

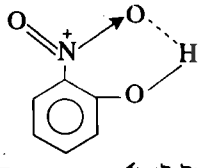
http://pdfcorner.com

সাহায্যে যুক্ত থাকে। তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$) হল নীল বর্ণের কেলাস। কপার আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ ঐ চার অণু পানি 100°C তাপমাত্রায় বিমুক্ত হয়ে নীলাভ সাদা বর্ণের কেলাসে পরিণত হয়। কিন্তু সালফেট মূলকের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত ঐ পানির অণুটি 230°C তাপমাত্রায় মুক্ত হলে ঐ তুঁতের কেলাস গঠন সম্পূর্ণ নষ্ট ও তা সাদা পাউডারে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে পঞ্চম পানি অণুটিকে তুঁতের গঠন পানি বলা হয়।

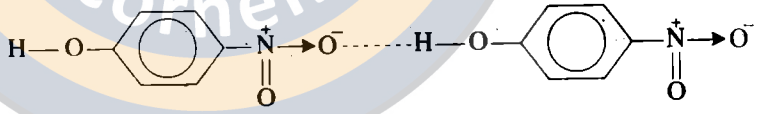


চিত্র ৬.২৪ ঃ তুঁতের কেলাসে কপার আয়ন ও সালফেট আয়নের সাথে পানি অণুর হাইড্রোজেন বন্ধন ( ..... )।

**(৪) আন্তঃআণবিক ও অন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন (Intermolecular and intramolecular hydrogen bond) ঃ** হাইড্রোজেন বন্ধন দু প্রকার। যেমন, (১) আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন ও (২) অন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন। হাইড্রোজেন বন্ধন সাধারণত দু বা ততোধিক অণুর মধ্যে সংঘটিত হয়। **দুটি পোলার অণুর মধ্যে সৃষ্ট হাইড্রোজেন বন্ধনকে আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন বলা হয়।** বিভিন্ন পোলার সমযোজী যৌগ যেমন HF, $H_2O$; R–OH ইত্যাদিতে এ ধরনের হাইড্রোজেন বন্ধন থাকে। অপরদিকে কোন কোন যৌগে হাইড্রোজেন বন্ধন একই অণুর ভেতরে এর বিভিন্ন অংশের মধ্যে হতে পারে। এ ধরনের ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বন্ধনকে অন্তঃআণবিক বা **অণুমধ্যস্থ হাইড্রোজেন বন্ধন** বলা হয়। যেমন অর্থোনাইট্রো ফেনলে অণুমধ্যস্থ হাইড্রোজেন বন্ধন রয়েছে। অর্থোনাইট্রো ফেনলে হাইড্রোজেন বন্ধন একই অণুর ভেতরে বিদ্যমান থাকায় এর গলনাঙ্ক এর অন্য সমাণুদ্বয় যেমন মেটানাইট্রো ফেনল ও প্যারানাইট্রো ফেনল অপেক্ষা কম।



চিত্র ৬.২৫ ঃ অর্থোনাইট্রো ফেনলে অণু মধ্যস্থ H... বন্ধন।



চিত্র ৬.২৬ ঃ প্যারানাইট্রো ফেনলে আন্তঃআণবিক H... বন্ধন।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে, মেটা ও প্যারা নাইট্রোফেনলে আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন থাকায় বিভিন্ন অণু পরস্পরের সাথে আকৃষ্ট থাকে। এ কারণে এদের গলনাঙ্ক অর্থোনাইট্রো ফেনলের চেয়ে তুলনামূলকভাবে বেশি।

**(খ) প্রাণীর জীবনে H-বন্ধনের গুরুত্ব ঃ**

১। আমাদের দেহের ভরের ৭০% হল পানি। তরল পানি ছাড়া প্রাণীর দেহ গঠন ও রক্ষা অসম্ভব। আর H-বন্ধনের কারণেই পানি তরল অবস্থা লাভ করেছে।

২। আমাদের দেহে শক্তিদায়ক প্রধান খাদ্য হল কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন। প্রথম যৌগে O এবং ২য় যৌগে O, N, S ইত্যাদি তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু রয়েছে। তাই এদের অণুতে H-বন্ধন বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

৩। প্রাণিদেহের বিভিন্ন তন্ত্র যেমন চর্ম, অস্থি, টিস্যু, রক্ত, চুল ইত্যাদির প্রোটিন গঠনে H-বন্ধনের ভূমিকা বর্তমান। প্রতিটি কোষের DNA ও RNA তে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা।

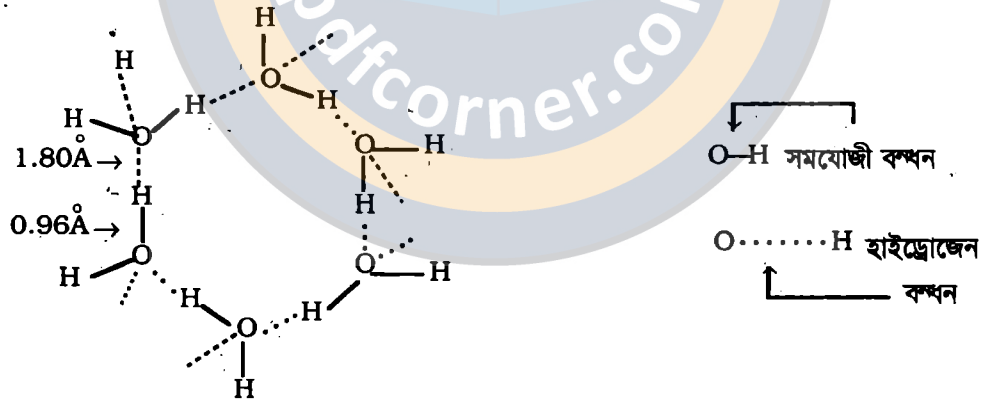
http://pdfcorner.com

৪। আমাদের পরিধেয় বস্ত্রের উপাদান কার্পাস তুলা, সিল্ক, উল, সাংশ্লেষিক তন্তু প্রভৃতির প্রত্যেকটির আঁশের দৃঢ়তা লাভের মূলে রয়েছে H-বন্ধন।

৫। উদ্ভিদের দেহ কাঠামোতে রয়েছে কার্বোহাইড্রেট পলিমার সেলুলোজ। এ সেলুলোজের গঠনে তড়িৎ-ঋণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুর সাথে H-বন্ধন বর্তমান। এ H- বন্ধন সেলুলোজে দৃঢ়তা দিয়েছে। আর উদ্ভিদের দৃঢ় কাণ্ড থেকে প্রাপ্ত কাষ্ঠ দিয়ে আমাদের গৃহায়ন ও ব্যবহার্য আসবাবপত্র তৈরি করা সম্ভব হয়েছে।

## ৬.২৭। বরফের গঠন
### Structure of Ice

এক একটি বরফের কেলাস বা স্ফটিককে এক একটি গুচ্ছ পানি অণু হিসেবে বিবেচনা করা যায়। তাই বরফের সংকেত $(H_2O)_n$ ধরা হয়। তখন বরফে প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। তন্মধ্যে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অক্সিজেন পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত, অপর দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অক্সিজেন পরমাণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। অক্সিজেন পরমাণুর চারদিকে এ চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু বিকৃত চতুস্তলকীয়ভাবে অবস্থান করে। সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয় অক্সিজেন পরমাণু থেকে 0.96Å দূরত্বে অবস্থিত। অপরদিকে হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয় অক্সিজেন পরমাণু থেকে 1.80Å দূরত্বে অবস্থিত। হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য একটি পানির অণুর অংশ। অপরদিকে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য $H_2O$ অণুর অক্সিজেন পরমাণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ প্রতিটি $H_2O$ অংশ অপর চারটি $H_2O$ অণুর অংশের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। এভাবে একটি অতি বৃহৎ অণু গড়ে উঠে। এ গঠনে বরফের স্ফটিকে বহু ফাঁকা জায়গা থেকে যায়। সুতরাং বরফের আপেক্ষিক গুরুত্ব বা ঘনত্ব পানির তুলনায় কম হয়। ফলে বরফ পানিতে ভাসে।




চিত্র ৬.২৭ ঃ বরফের আণবিক গঠন। বৃত্ত দ্বারা অক্সিজেন পরমাণু নির্দেশ করা হয়েছে, সাধারণ সরলরেখা (—) দ্বারা সমযোজী বন্ধন এবং ডট লাইন ( ....) দ্বারা হাইড্রোজেন বন্ধন বোঝানো হয়েছে।

0°C তাপমাত্রায় বরফ যখন গলতে আরম্ভ করে তখন কিছু সংখ্যক হাইড্রোজেন বন্ধন ভেঙে যায় এবং এই ফাঁকা জায়গায় কিছু পানির অণু অবস্থান নেয়। ফলে বরফ তরল পানিতে রূপান্তরিত হলে তার আয়তন কমে অর্থাৎ আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়ে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের ভাঙার পরিমাণ বাড়ে। সুতরাং পানির আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়তে থাকে। **4°C. তাপমাত্রায় পানির আপেক্ষিক গুরুত্ব বা ঘনত্ব সর্বোচ্চ মানের হয়।**



http://pdfcorner.com

তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির অণুসমূহের মধ্যে কম্পন ও গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। ফলে অণুসমূহ পরস্পর থেকে দূরে সরে যেতে চেষ্টা করে। বিপরীতমুখী দুটি প্রক্রিয়া সব সময় কার্যকর, তবে 4°C তাপমাত্রার উপরে কম্পনজনিত আয়তন বৃদ্ধি হাইড্রোজেন বন্ধন ভাঙার ফলে আয়তন আরো বেশি হয়। ফলে 4°C তাপমাত্রার উপরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির আয়তন বাড়ে অর্থাৎ আপেক্ষিক গুরুত্ব হ্রাস পায়।

## ৬.২৮। অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন
### Hybridisation of Orbitals

**অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন ঃ** পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে যে কয়টি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল বা বিজোড় ইলেকট্রন থাকে, সে সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজনী হয়। অর্থাৎ সমযোজী বন্ধন গঠনের জন্য যোজ্যতা স্তরে বিজোড় ইলেকট্রন থাকা প্রয়োজন। যেমন H, Cl এর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে ১টি করে বিজোড় ইলেকট্রন আছে; O পরমাণুর ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই H, Cl, O এর যোজনী যথাক্রমে 1, 1, 2। কিন্তু Be, B, C প্রভৃতি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে তাদের এরূপভাবে প্রকৃত যোজনী সংখ্যার ব্যাখ্যা পাওয়া যায় না। তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

$Be\ (4) = 1s^2\ 2s^2$ ∴ এতে বিজোড় ইলেকট্রন নেই।

$B\ (5) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$ ∴ এতে ১টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$C\ (6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$ ∴ এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

Be, B, C এর ইলেকট্রন বিন্যাসে দেখা যায় যে, তাদের যোজ্যতা স্তরে বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা যথাক্রমে 0, 1, 2। কিন্তু বাস্তবে $BeCl_2$ $BCl_3$, $CH_4$ প্রভৃতি যৌগে Be, B, C এর যোজনী যথাক্রমে 2, 3, 4 হয়েছে। এর ব্যাখ্যায় বিজ্ঞানীরা বলেন, বিক্রিয়াকালে পরমাণুসমূহ প্রয়োজনীয় শক্তি পেয়ে উদ্দীপিত হওয়ার কালে তাদের যোজ্যতা স্তরের জোড়বদ্ধ $2s^2$ ইলেকট্রন বিজোড় হয়ে একই শক্তিস্তরের পৃথক 2p অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়। ফলে অর্ধপূর্ণ অরবিটাল গঠন করে। উদ্দীপিত অবস্থায় তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

$Be^*\ (4) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1$ ∴ এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$B^*\ (5) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1$ ∴ এতে ৩টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$C^*\ (6) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ ∴ এতে ৪টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

এরূপ ব্যাখ্যায় Be, B, C এর যোজনী সংখ্যা 2, 3, 4 হওয়ার ব্যাখ্যা মিলে। কিন্তু তাদের $2s^1$, $2p_x^1$, $2p_y^1$, $2p_z^1$ অরবিটালের ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত অণুতে প্রত্যেক সমযোজী বন্ধন শক্তি এবং বন্ধন কোণ সমান হতে পারে না। পরীক্ষালব্ধ তথ্য মতে $CH_4$ অণুতে চারটি C–H সমযোজী বন্ধনই সমশক্তি সম্পন্ন (415 $kJmol^{-1}$) এবং চারটি বন্ধন কোণ পরস্পর সমান (109° 28′) । প্রচলিত অরবিটাল তত্ত্ব ও পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের মধ্যে এ পার্থক্য নিরসন করে এবং পরমাণুর বন্ধন গঠনের প্রবণতা, সৃষ্ট যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধন শক্তি ব্যাখ্যার উপযুক্ত করে বিজ্ঞানী পলিং অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন মতবাদ প্রদান করেন।

**অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন মতবাদের সারসংক্ষেপ হল নিম্নরূপ ঃ**

(১) শুধুমাত্র একক বিচ্ছিন্ন পরমাণুর অরবিটালের সংকরণ ঘটতে পারে।

(২) একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালসমূহ সংকরণে অংশ গ্রহণ করে।

http://pdfcorner.com

**(ক) সৃষ্ট সংকর অরবিটালের বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ**

(i) সংকরণে যতগুলো অরবিটাল অংশগ্রহণ করে, ঠিক ততটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়। (এটি সমশক্তি বন্ধন সৃষ্টি ব্যাখ্যা দেয়।)

(ii) সংকরণের ফলে সৃষ্ট অরবিটালসমূহের শক্তি সমান হওয়ায় তারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সমান কৌণিক দূরত্ব সৃষ্টি করে। ফলে তাদের দিক নির্দেশনা বিভিন্ন হয়।

(iii) সংকরণের প্রকৃতি থেকে অণুর আকৃতি ও অণুর মধ্যকার বন্ধন কোণ সম্পর্কে ধারণা করা সম্ভব।

(iv) পারমাণবিক অরবিটালের মত সংকর অরবিটালেও সর্বাধিক দুটো ইলেকট্রন থাকতে পারে।

(v) সংকর অরবিটালসমূহ বিশুদ্ধ পারমাণবিক অরবিটাল অপেক্ষা ভিন্ন পরমাণুর অরবিটালসমূহের সাথে অধিকতরভাবে অধিক্রমণ হতে পারে। ফলে সংকর অরবিটালসমূহ থেকে সৃষ্ট বন্ধনসমূহ অধিকতর শক্তিশালী হয়।

তবে নিম্নোক্ত দুটি বিষয় খেয়াল রাখা প্রয়োজন। যেমন,

অণুর গঠনাকৃতি প্রধানত $\sigma$-বন্ধনের উপর নির্ভরশীল। এর উপর $\pi$–বন্ধনের প্রভাব নেই বললেই চলে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর বন্ধন সেলে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলের উপস্থিতিতে বন্ধন কোণসমূহ সাধারণত আদর্শ মান থেকে কম হয়।

**(খ) অরবিটাল সংকরণের সংজ্ঞা ঃ** বিক্রিয়াকালে কোন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের বিভিন্ন অরবিটালসমূহ পরস্পরের সাথে মিশ্রিত হয়ে পরে সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অরবিটালসমূহের **সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন** বলা হয়। সংকরণ প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট অরবিটালসমূহকে **সংকর অরবিটাল** (hybrid orbitals) বলা হয়। সাধারণত Be, B, C, N, P, O, S ইত্যাদি মৌলের পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ ঘটে।

অরবিটালসমূহের বিভিন্ন ধরনের সংকরণ হতে পারে; যেমন $sp^3$ সংকরণ, $sp^2$ সংকরণ, sp সংকরণ, $dsp^2$ সংকরণ, $d^2sp^2$ সংকরণ, $d^2sp^3$ সংকরণ প্রভৃতি। তবে কার্বন পরমাণুতে কেবল তিন প্রকার সংকরণ ঘটে। যেমন $sp^3$, $sp^2$, sp সংকরণ।

## ৬.২৯। $sp^3$ সংকরণ
## $sp^3$ Hybridisation

**সংজ্ঞা ঃ** বিক্রিয়াকালে কোন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি s অরবিটাল ও তিনটি p অরবিটাল–এর মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে চারটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে $sp^3$ সংকরণ বলা হয়। এরূপে সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটাল সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং অরবিটালসমূহ কেন্দ্রে $109°28'$ কোণ উৎপন্ন করে।

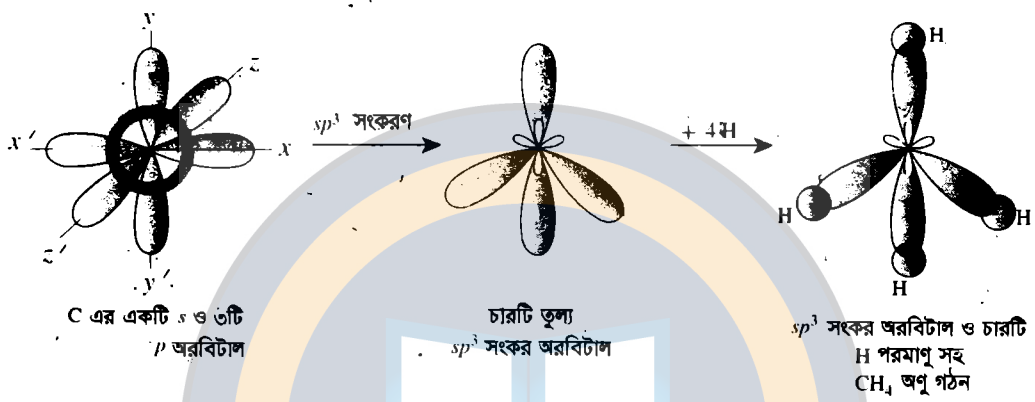
**উদাহরণ ঃ কার্বনের $sp^3$ সংকরণ ও $CH_4$ অণু গঠন ঃ** কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে C(6) $=1s^2 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$; এতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। যৌগ সৃষ্টির প্রাক্কালে শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু এর 2s অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি $2p_z$ অরবিটালে স্থানান্তরিত করে। যেমন,

$$C^*(6) = Is^2 \boxed{2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}$$

এ অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের অরবিটালসমূহ সংমিশ্রিত হয়ে নতুন চারটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল $2\Psi_1^1$, $2\Psi_2^1$ $2\Psi_3^1$ ও $2\Psi_4^1$ তৈরি করে।

http://pdfcorner.com

এ প্রক্রিয়াকে কার্বনের $sp^3$ অরবিটাল সংকরণ বলা হয়। **$sp^3$ সংকরণে** সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ সমশক্তির সংকর অরবিটালসমূহ পরবর্তীতে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালসমূহের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ করে মিথেন অণু ($CH_4$) সৃষ্টি করে। ফলে আদর্শ অবস্থায় এ $sp^3$ সংকরণের ফলে সৃষ্ট অণুতে বন্ধন কোণসমূহ $109°28'$ হয়। নিম্নে C-পরমাণুর $sp^3$ সংকরণ ও হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে $CH_4$ অণু গঠন দেখানো হল। $CH_4$ অণুর গঠন আকৃতি হল সুষম চতুস্তলকীয় গঠন।




চিত্র ৬.২৮ ঃ কার্বন পরমাণুর $sp^3$ সংকরণের মাধ্যমে চতুস্তলকীয় $CH_4$ অণুর সৃষ্টি।

## ৬.৩০। কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলের উপস্থিতিতে অণুর আকৃতিতে বিকৃতি

## Distortion in Shapes of Molecules due to Presence of Lone Pair of Electrons in Valence shell of Central Atom

১৯৪০ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী সিডউইক ও পাওয়েল (Sidwick & Powel) সমযোজী অণুর ও আয়নের আকৃতি সম্বন্ধে একটি সহজ তত্ত্ব প্রদান করেন। এ তত্ত্বকে যোজনী স্তরে ইলেকট্রন জোড় বিকর্ষণ তত্ত্ব সংক্ষেপে VSEPR তত্ত্ব বলা হয়। (VSEPR = Valence Shell Electron Pair Repulsion)

এ তত্ত্ব অনুসারে কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল থাকলে তাদের বিকর্ষণের ফলে অণুতে বন্ধন কোণসমূহ আদর্শ মান থেকে হ্রাস পায়। এ বিকর্ষণের কারণ নিম্নে প্রদত্ত হল।

ইলেকট্রনসমূহ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং এ বিকর্ষণের পরিমাণ কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত বন্ধন ইলেকট্রনযুগল (bp) দুটি পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রদক্ষিণ করে। অপরদিকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল (lp) শুধুমাত্র সে পরমাণুকে প্রদক্ষিণ করে। এ কারণে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলবিশিষ্ট অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল অপেক্ষা বেশি হয়। দুটি ইলেকট্রনযুগলের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের গুণফলের উপর নির্ভর করে। ফলে তাদের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ নিম্নরূপ হয় ঃ

http://pdfcorner.com

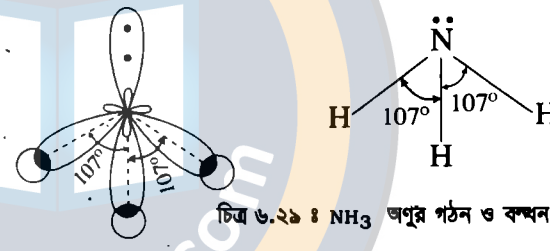
**নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল-নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল বিকর্ষণ>নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল–বন্ধন ইলেকট্রনযুগল বিকর্ষণ > বন্ধন ইলেকট্রনযুগল–বন্ধন ইলেকট্রনযুগল বিকর্ষণ;** বা, $(lp - lp) > (lp - bp) > (bp - bp)$।

উপরিউক্ত সিদ্ধান্তের পরিপ্রেক্ষিতে $NH_3$, $H_2O$, $NH_4^+$, প্রভৃতি যৌগ ও আয়নের বন্ধন ও আকৃতি আলোচনা করা হল।

**(ক) অ্যামোনিয়া ($NH_3$) অণুর গঠন ঃ $sp^3$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় ঃ**

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস, N (7) $=1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। এর $sp^3$ সংকরণের ফলে যে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়, তাদেরকে $\psi_1$, $\psi_2$, $\psi_3$ ও $\psi_4$ দ্বারা চিহ্নিত করলে সংকরিত অবস্থায় N-পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হয় $\psi_1^2$, $\psi_2^1$, $\psi_3^1$, $\psi_4^1$। এক্ষেত্রে $\psi_2^1$, $\psi_3^1$, $\psi_4^1$। সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকায় তারা প্রত্যেকে একটি করে H পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি N–H σ- বন্ধন সৃষ্টি করে এবং এভাবে $NH_3$ অণু সৃষ্টি হয়। $\psi_2$, $\psi_3$ ও $\psi_4$ অরবিটালসমূহের বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণ অপেক্ষা $\psi_1^2$ ,এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দ্বারা তাদের উপর বিকর্ষণ বেশি হয়। ফলে অ্যামোনিয়া অণুতে বন্ধন কোণ ∠HNH এর মান 109.5° থেকে কমে 107° হয়।

অ্যামোনিয়া অণুর গঠন একটি ত্রিকোণাকার পিরামিডের ন্যায়, যার শীর্ষবিন্দুতে N পরমাণু এবং তলের কৌণিক বিন্দুসমূহে H পরমাণুসমূহ অবস্থিত।



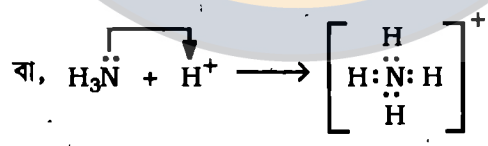

চিত্র ৬.২৯ ঃ $NH_3$ অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

**(খ) অ্যামোনিয়াম আয়ন ($NH_4^+$) গঠন ঃ $sp^3$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় ঃ**

অ্যামোনিয়ার সাথে প্রোটনের সংযোগের ফলে অ্যামোনিয়াম আয়ন গঠিত হয় ঃ

$$\ddot{N}H_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$$

বা,



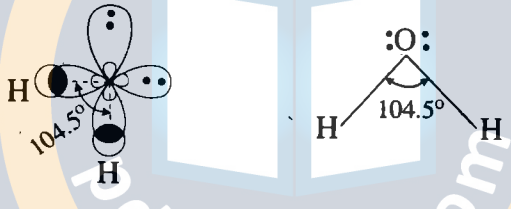

এ সময় অ্যামোনিয়া অণুর নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলবিশিষ্ট $\psi_1$ অরবিটাল হাইড্রোজেন আয়নের সাথে চতুর্থ N→ H বন্ধন সৃষ্টি করে। যদিও তাত্ত্বিকভাবে এ বন্ধনটি একটি সন্নিবেশ বন্ধন, যেখানে নাইট্রোজেন পরমাণু ইলেকট্রনযুগল দাতা এবং প্রোটন ইলেকট্রন গ্রহীতা; প্রকৃতপক্ষে অন্য তিনটি N–H বন্ধনের সাথে এ N→H বন্ধনের কোন পার্থক্য নেই। কেননা, সবগুলো বন্ধন নাইট্রোজেন পরমাণুর $sp^3$ সংকর অরবিটাল এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ থেকে সৃষ্ট এবং এ ধরনের প্রত্যেকটি শেয়ারকৃত অরবিটালে দুটি করে ইলেকট্রন আছে। এ কারণে $NH_4^+$ আয়নের গঠন পুরোপুরিভাবে চতুস্তলকীয় এবং তাতে ∠HNH বন্ধন কোণ 109.5° হয়।

http://pdfcorner.com

**(গ) পানির অণুর গঠন ঃ $sp^3$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় ঃ**

পানির কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস $O(8) = Is^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। অক্সিজেন পরমাণুর 2s ও 2p অরবিটালসমূহের $sp^3$ সংকরণ হয়। উৎপন্ন চারটি সংকর অরবিটাল একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ চতুস্তলকের কেন্দ্রে অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান। চারটি সংকর অরবিটালের যেমন $\psi_1^2$, $\psi_2^2$, $\psi_3^1$, $\psi_4^1$ এর দুটিতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল থাকে। এরা বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয় না। অপর দুটি অরবিটালে যেমন $\psi_3^1$, $\psi_4^1$-এ একটি করে ইলেকট্রন থাকে। এ অরবিটাল দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর 1s অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে দুটি O–H বন্ধন সৃষ্টি করে; এভাবেই পানির অণু সৃষ্টি হয়।

অক্সিজেন পরমাণুর দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল পানি অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে অধিকতর বিকর্ষণ করে বলে বন্ধন কোণ ∠HOH এর মান আদর্শ চতুস্তলকের কোণের মান 109.5° থেকে কমে 104.5° হয়। যেহেতু পরীক্ষায় শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান ধরা পড়ে, সেহেতু পরমাণুর নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান অনুসারে পানির অণুর আকার ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতির ন্যায় দেখায়।




চিত্র ৬.৩০ ঃ $H_2O$ অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

**(ঘ) বোরোহাইড্রাইড ($BH_4^-$) আয়নের গঠন ঃ $sp^3$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় ঃ**

বোরন হাইড্রাইড ($BH_4^-$) আয়নে B পরমাণুতে $sp^3$ সংকরণ ঘটে। বোরনের পারমাণবিক সংখ্যা 5 এবং এর ইলেকট্রন বিন্যাস, $B(5) = Is^2\ 2s^2\ 2p_x^1$। বোরন পরমাণুর সাথে আরো একটি ইলেকট্রন যোগ হলে সৃষ্ট বোরাইড ($B^-$)) আয়নে কার্বনের ন্যায় ($1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$) ইলেকট্রন বিন্যাস প্রাপ্ত হয় এবং উদ্দীপিত অবস্থায় এর $sp^3$ সংকরণের ফলে যে চারটি সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয় তার প্রত্যেকটিতে একটি করে ইলেকট্রন থাকে।

সাধারণ অবস্থায় ঃ $B\ (5)$ ঃ $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$

উদ্দীপিত অবস্থায় ঃ $B^-\ (5)$ ঃ $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$

সংকরণের পরে ঃ $B^-\ (5)$ (ঃ $1s^2\ \psi_1^1, \psi_2^1, \psi_3^1, \psi_4^1$

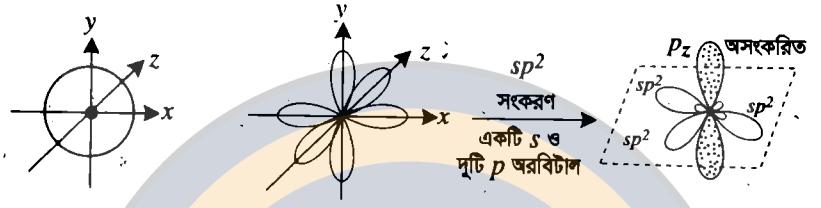
এ চারটি সংকর অরবিটাল হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে চারটি B–H বন্ধন সৃষ্টি করে। বোরন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে কোন নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল না থাকায় $BH_4^-$ (বোরন হাইড্রাইড) আয়নের গঠন পুরোপুরি চতুস্তলকীয় হয়। এখানে উল্লেখযোগ্য যে, $BH_4^-$, $CH_4$ এবং $NH_4^+$ আয়ন/অণু সমইলেকট্রনীয় (isoelectronic) হওয়ায় এদের গঠন একই প্রকারের হয়।

http://pdfcorner.com

## ৬.৩১। $sp^2$ সংকরণ

### $sp^2$ Hybridisation

**সংজ্ঞা ঃ** বিক্রিয়াকালে কোন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি s অরবিটাল ও দুটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে তিনটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে $sp^2$ সংকরণ বলা হয়। এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি একই সমতলে অবস্থান করে এবং একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়; ত্রিভুজের কেন্দ্রে পরমাণুর নিউক্লিয়াস থাকে। $sp^2$ সংকরণের ফলে সৃষ্ট এ অরবিটালসমূহ কেন্দ্রে পরস্পরের মধ্যে 120° কোণ উৎপন্ন করে।




চিত্র ৬.৩১ ঃ $sp^2$ সংকরণ।

**উদাহরণ ১। $sp^2$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BCl_3$ যৌগের গঠন**

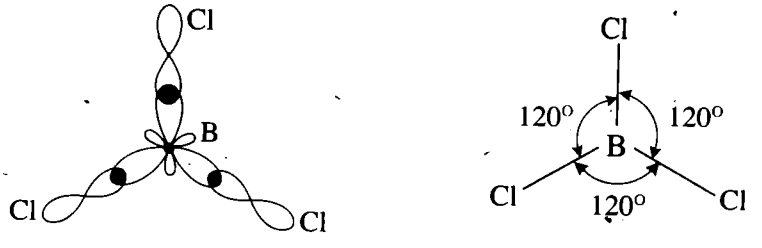
বোরন (B) পরমাণুর স্বাভাবিক ইলেকট্রন বিন্যাসে ১টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। যেমন B(5) = $1s^2\,2s^2\,2p_x^{\,1}2p_y^{\,0}2p_z^{\,0}$। B পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে ১টি ইলেকট্রন 2p অরবিটালে স্থানান্তরের ফলে এতে তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন হয়ে থাকে, যা বোরনের যোজনী তিন ব্যাখ্যা করে। এর পরে বোরন পরমাণুতে $sp^2$ সংকরণ ঘটে ঃ

স্বাভাবিক অবস্থায় ঃ B (5) ঃ $1s^2\,2s^2\,2p_x^{\,1}2p_y^{\,0}2p_z^{\,0}$

উদ্দীপিত অবস্থায় ঃ *B (5) ঃ $1s^2\,\boxed{2s^1\,2p_x^{\,1}\,2p_y^{\,1}}\,2p_z^{\,0}$

সংকরিত অবস্থায় ঃ B (5) ঃ $1s^2\,2\psi_1^{\,1}\,2\psi_2^{\,1}\,2\psi_3^{\,1}$

এখানে $\psi_1^1$, $\psi_2^1$, $\psi_3^1$ হল বোরনের সংকর অরবিটালসমূহ। উৎপন্ন তিনটি সংকর অরবিটাল একটি ত্রিভুজের তিনটি শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়ে পরস্পর 120° কোণ গঠন করে। এরা নিম্নরূপে তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^{\,1}$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি B–Cl সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে এবং $BCl_3$ অণু গঠিত হয়। $BCl_3$ অণুর গঠন আকৃতি সমতলীয় সুষম ত্রিভুজাকার।




চিত্র ৬.৩২ ঃ ত্রিভুজ আকৃতির $BCl_3$ অণুর গঠন।

http://pdfcorner.com

সুতরাং $BCl_3$ একটি সমতলীয় অণু; কোণসমূহ 120°। এ যৌগে ডাইপোল মোমেন্ট শূন্য; কেননা, তিনটি B—Cl বন্ধনের পৃথকভাবে ডাইপোল মোমেন্ট থাকলেও তাদের দিকদর্শী (vector) যোগফল সমান শূন্য হয়।

**উদাহরণ ২। $sp^2$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় ইথিলিন ($C_2H_4$) অণুর গঠন**

ইথিলিন ($C_2H_4$) অণু এবং কার্বন–কার্বন দ্বিবন্ধন (C = C) যুক্ত অন্যান্য জৈব যৌগ গঠনকালে দুটি কার্বন পরমাণু $sp^2$ সংকরিত অবস্থায় থাকে ঃ

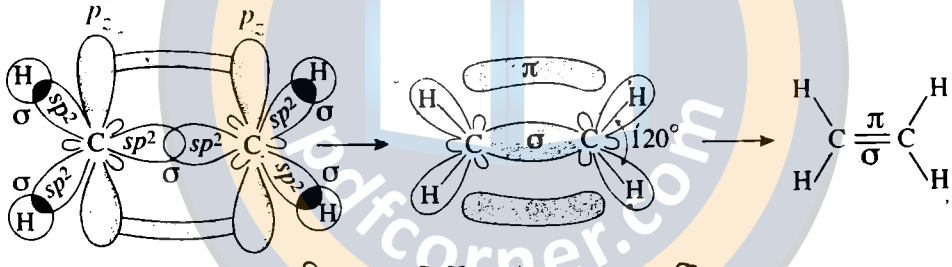
স্বাভাবিক অবস্থায় ঃ $C\ (6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

উদ্দীপিত অবস্থায় ঃ $^*C\ (6) = 1s^2\ \boxed{2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1}\ 2p_z^1$

$sp^2$ সংকরিত অবস্থায় ঃ $^*C\ (6) = 1s^2\ 2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2\psi_3^1\ 2p_z^1$

$sp^2$ সংকরণের পর ঐ কার্বন পরমাণুতে ৩টি সংকর অরবিটাল ও একটি অসংকরিত p অরবিটাল ($2p_z^1$) থাকে। পরে একটি কার্বন পরমাণুর একটি সংকর অরবিটাল অপর কার্বন পরমাণুর একটি সংকর অরবিটালের সাথে অধিক্রমণের ফলে একটি C–C সিগমা ($\sigma$) বন্ধন সৃষ্টি করে। এরপর উভয় কার্বন পরমাণুর অপর সংকর অরবিটালদ্বয় H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণের ফলে C–H বন্ধনসমূহ সৃষ্টি করে। এভাবেই ইথিলিন অণুর প্রাথমিক মূল কাঠামো সৃষ্টি হয়।

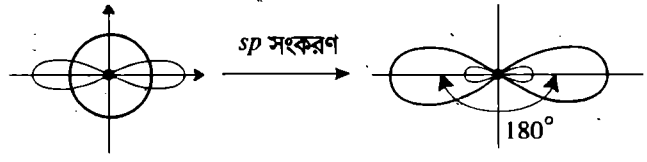
এ অবস্থায় ইথিলিন একটি সমতলীয় অণু, যার বন্ধন কোণসমূহ 120° এর মত। কিন্তু উভয় কার্বন পরমাণুতে যে একক ইলেকট্রন বিশিষ্ট অসংকরিত $2p_z$ অরবিটাল আছে, তারা এ সমতলের উপর লম্বভাবে অবস্থিত থাকে। এদের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে কার্বন–কার্বন পাই ($\pi$) বন্ধনের সৃষ্টি হয়। ইথিলিন অণুর গঠন অরবিটাল অধিক্রমণ প্রক্রিয়ায় সিগমা ($\sigma$) বন্ধন ও পাই ($\pi$) বন্ধন সহকারে দেখানো হল ঃ




চিত্র ৬.৩৩ ঃ $C_2H_4$ অণুতে $\pi$ বন্ধনের সৃষ্টি।

## ৬.৩২। sp সংকরণ
## sp Hybridisation

**সংজ্ঞা ঃ বিক্রিয়াকালে কোন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি s অরবিটাল ও একটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে দুটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে sp সংকরণ বলা হয়।** এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটালদ্বয় পরস্পরের বিপরীত দিকে সরলরেখা বরাবর অবস্থিত হয়। অর্থাৎ তাদের মধ্যকার কোণের পরিমাণ 180° হয়।



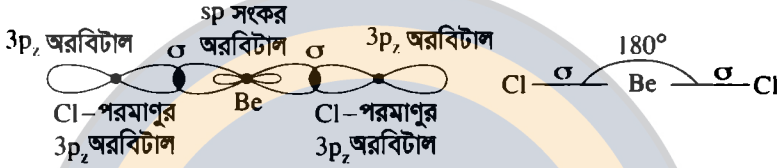

s ও p অরবিটাল sp সংকর অরবিটালদ্বয়

চিত্র ৬.৩৪ ঃ sp সংকর অরবিটালের সৃষ্টি।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১। sp সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BeCl_2$ যৌগের অণুর গঠন ঃ** বেরিলিয়াম Be(4) পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2$, যাতে প্রথম দৃষ্টিতে মনে হয় Be মৌলের যোজনী শূন্য। কারণ এতে কোন অযুগ্ম ইলেকট্রন নেই। উদ্দীপিত অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে 2p অরবিটালে একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে এর ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1$। তখন এতে দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকায় বেরিলিয়ামের যোজনী দুই হয়। এটি বেরিলিয়ামের একটি উদ্দীপিত অবস্থা হওয়ায় এ অবস্থা সৃষ্টির জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। একই সাথে দুটি বন্ধন সৃষ্টি হওয়ার ফলে যে শক্তি নির্গত হয়, তা থেকেই এ শক্তি পাওয়া যায়।

এ অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুতে sp সংকরণ হয়। উৎপন্ন দুটি সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে এবং এরা দুটি ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের $(3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^1]$ এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ প্রক্রিয়ায় দুটি Be–Cl বন্ধন সৃষ্টি করে। ফলে $BeCl_2$ অণু গঠিত হয়।




চিত্র ৬.৩৫ ঃ $BeCl_2$ অণুর গঠন।

এক্ষেত্রে sp সংকরণ হওয়ায় $\angle ClBeCl = 180°$। অর্থাৎ $BeCl_2$ **অণুর আকৃতি সরল রৈখিক** ।

**উদাহরণ ২। sp সংকরণ প্রক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন ($C_2H_2$) অণুর গঠন**

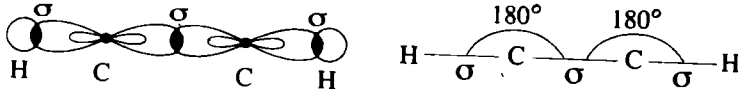
অ্যাসিটিলিন ($C_2H_2$) অণু গঠনের সময় দুটি কার্বন পরমাণুতে sp সংকরণ হয়ে থাকে ঃ

স্বাভাবিক অবস্থায় C (6) ঃ $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

উদ্দীপিত অবস্থায় *C (6) ঃ $1s^2\ \boxed{2s^1\ 2p_x^1}\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

sp সংকরণের পরে *C (6) ঃ $1s^2\ 2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

এখানে $2\psi_1^1$. $2\psi_2^1$ দ্বারা sp সংকর অরবিটালদ্বয় বোঝানো হয়েছে। প্রতিটি কার্বন পরমাণু থেকে একটি করে সংকর অরবিটাল পরস্পরের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণের ফলে C–C সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। দুই কার্বনের অপর দুটি সংকর অরবিটাল দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণের ফলে দুটি C–H সিগমা ( σ) বন্ধন সৃষ্টি করে। সুতরাং অ্যাসিটিলিনের মূল কাঠামো দাঁড়ায় নিম্নরূপ ঃ



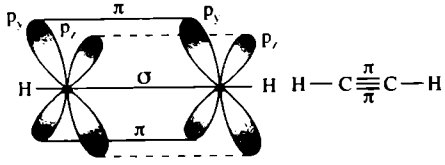

চিত্র ৬.৩৬ ঃ অ্যাসিটিলিন অণুতে সিগমা বন্ধন গঠন।

উভয় কার্বন পরমাণুতে sp সংকরণ হওয়ার কারণে দুই দিকের $\angle HCC$ বন্ধন কোণদ্বয় 180° হয়; ফলে অ্যাসিটিলিন অণুর রৈখিক গঠন হয়। কার্বন পরমাণু দুটিতে উভয়ের অবশিষ্ট $2p_1^1$ ও $2p_z^1$ অরবিটালদ্বয় এ রেখার



http://pdfcorner.com

উপর এবং পরস্পরের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। তখন কার্বন পরমাণুদ্বয়ের $p_y$–$p_y$ এবং $p_z$–$p_z$ অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ দ্বারা দুটি পাই ($\pi$) বন্ধনের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ অ্যাসিটিলিন অণুতে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের (C ≡ C) একটি হল সিগ্‌মা ($\sigma$) বন্ধন এবং দুটি পাই ($\pi$) বন্ধন।




চিত্র ৬.৩৭ ঃ অ্যাসিটিলিন অণুতে দুটি পাই ($\pi$) বন্ধন গঠন।

## ৬.৩৩। সমযোজী যৌগসমূহের অণুর আকৃতি
## Shapes of Molecules of Covalent Compounds

**সমযোজী অণুর আকৃতি ব্যাখ্যায় অরবিটাল সংকরণ মতবাদ ঃ** [অনুচ্ছেদ ৬.২৮ থেকে ৬.৩২ পর্যন্ত আলোচনায়], যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর তিন প্রকার সংকর অরবিটাল গঠন এবং সংকর অরবিটাল দ্বারা বিভিন্ন সমযোজী যৌগ গঠন প্রক্রিয়া জানা যায়। (১) অরবিটাল সংকরণের ফলে সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ তাদের মধ্যে বিভিন্ন কোণ সৃষ্টি করে ত্রিমাত্রিকভাবে বিন্যস্ত থাকে। (২) কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালের বিভিন্ন প্রকার সংকরণ যেমন $sp^3$ সংকরণ, $sp^2$ সংকরণ, sp সংকরণ ইত্যাদির প্রকৃতির উপর তাদের দ্বারা সৃষ্ট সমযোজী সিগমা ($\sigma$) বন্ধন অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণ নির্ধারণ করে। (৩) আবার কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে উপস্থিত **নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের** সংখ্যা এবং **বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের** সংখ্যা অণুর স্বাভাবিক আকৃতিকে বিকৃত করে নতুন আকৃতি প্রদান করে। (৪) বন্ধন ইলেকট্রন যুগল ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অনুসারে সমযোজী অণুর আকৃতি সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হল; [সারণি ৬.২]।

যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে–

(ক) দুটি ইলেকট্রন যুগল বা দুটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি সমতলীয় সরলরৈখিক হয়। যেমন, $BeCl_2$, $CO_2$, $CH \equiv CH$ অণুর গঠন। এক্ষেত্রে **কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp সংকরণ** ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 180° হয়।

(খ) তিনটি ইলেকট্রন যুগল বা তিনটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি সমতলীয় ত্রিভুজ আকৃতির হয়। যেমন $BCl_3$। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে $sp^2$ সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 120° হয়।

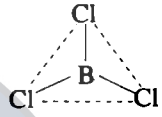
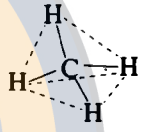
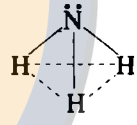
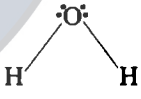
(গ) চারটি ইলেকট্রন যুগল বা চারটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি চতুস্তলকীয় হয়। যেমন $CH_4$, $BH_4^-$, $NH_4^+$। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে $sp^3$ সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ $109°28'$ (১০৯ ডিগ্রি ২৮ মিনিট) বা 109.5° হয়।

(i) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলে তখন অণুর আকৃতি স্বাভাবিক চতুস্তলকীয় গঠন থেকে বিকৃত হয়ে ত্রিকোণাকার পিরামিডের মত হয়। তখন বন্ধন কোণ 107° বা তার কাছাকাছি হয়। যেমন, $\ddot{N}H_3$।

(ii) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলে তখন অণুর আকৃতি আরো বিকৃত হয়ে ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতি লাভ করে। বন্ধন কোণ 104.5° এর মতো হয়। যেমন, $H_2\ddot{O}$:।

http://pdfcorner.com

**সারণি ৬.২ ঃ বিভিন্ন সমযোজী অণু ও আয়নের আকৃতি।**

| যৌগের অণু ও আয়ন | অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস | অরবিটাল সংকরণ | কেন্দ্রীয় পরমাণু যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন জোড় | অণুর আকৃতির নাম | গঠন আকৃতি | বন্ধন কোণ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $BeCl_2$ | :Cl· × Be ×·Cl: | sp | ২ জোড়া | সরলরৈখিক | Cl–Be–Cl | 180° |
| $BCl_3$ | :Cl: B :Cl: :Cl: | $sp^2$ | ৩ জোড়া | সমতলীয় ত্রিভুজাকার |  | 120° |
| $CH_4$ | H H··C··H H | $sp^3$ | ৪ জোড়া | চতুস্তলকীয় বা টেট্রাহেড্রাল |  | 109.5° |
| $\ddot{N}H_3$ | H··N··H H | $sp^3$ | ৪ জোড়া ১টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল | বিকৃত চতুস্তলকের ত্রিকোণাকার - পিরামিড আকৃতি |  | 107° |
| $H_2\ddot{O}$ | H H··O: | $sp^3$ | ৪ জোড়া (২টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল) | বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি |  | 104.5° |

## ৬.৩৪। সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন

**Delocalised Electrons**

**সংজ্ঞা ঃ** সমযোজী বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত বন্ধন ইলেকট্রনসমূহ দুটি পরমাণুর উভয় নিউক্লিয়াসের চারদিকে পরিভ্রমণ করে থাকে। নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলসমূহ একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে পরিভ্রমণরত থাকে। এ সব ইলেকট্রন অতি ক্ষুদ্র স্থানে সীমাবদ্ধ থাকে। অপরদিকে কিছু কিছু ইলেকট্রন একটি বা দুটি পরমাণুতে আবদ্ধ না থেকে দু'য়ের অধিক পরমাণুর মধ্যে বিস্তৃত এলাকায় পরিভ্রমণরত থাকে, এদেরকে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন বলা হয়। ধাতুর কেলাস বা স্ফটিকে এরূপ সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে। অধাতু কার্বনের রূপভেদ–গ্রাফাইটে ও জৈব যৌগ বেনজিন অণুর গঠনে সঞ্চরণ ইলেকট্রন থাকে।

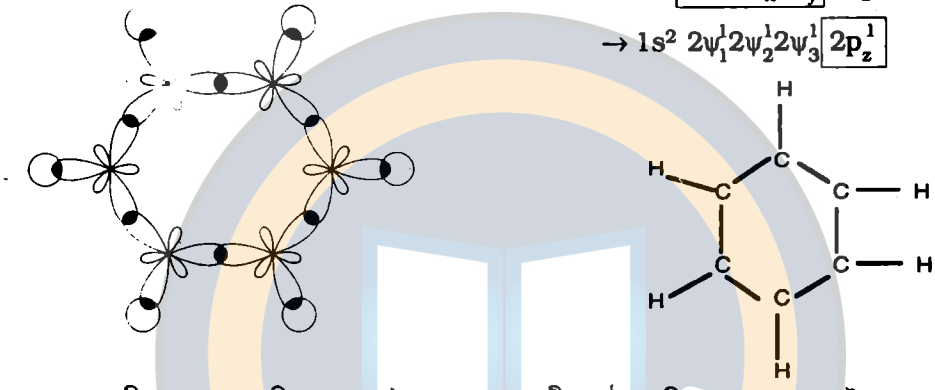
http://pdfcorner.com

**(ক) বেনজিন অণুর গঠন ঃ আধুনিক অরবিটাল সংকরণ মতবাদ অনুযায়ী বেনজিন চক্রের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর $sp^2$ সংকরণ ঘটে।** প্রতিটি কার্বনে সৃষ্ট তিনটি সংকর অরবিটালের মধ্যে দুটি সংকর অরবিটাল পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর সাথে অধিক্রমণ করে দুটি C–C সিগমা বন্ধন এবং অপর সংকর অরবিটালটি হাইড্রোজেনের $1s^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণের ফলে একটি C–H সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। এভাবে ছয়টি কার্বন–কার্বন সিগমা বন্ধন এবং ছয়টি কার্বন–হাইড্রোজেন সিগমা বন্ধন দ্বারা বেনজিন চক্রের মূল ষড়ভুজীয় কাঠামো সৃষ্টি হয় ; (চিত্র–৬.৩৮)।

$sp^2$ সংকরিত

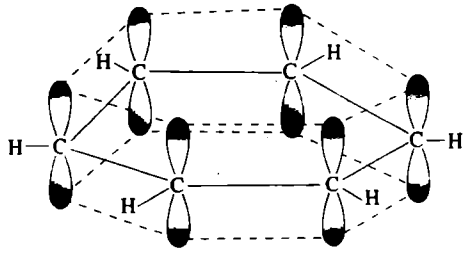
$$^6C \rightarrow 1s^2 \boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1} 2p_z^1$$

$$\rightarrow 1s^2\ 2\psi_1^1 2\psi_2^1 2\psi_3^1 \boxed{2p_z^1}$$




চিত্র ৬.৩৮ ঃ বেনজিন ($C_6H_6$) অণুর মূল ষড়ভুজীয় কাঠামো সিগমা বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট।

এর পর প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে অসংকরিত একটি করে $2p_z^1$ অরবিটাল অব্যবহৃত থাকে। এ ছয়টি ইলেকট্রন পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে অধিক্রমণ দ্বারা কার্বন–কার্বন তিনটি পাই ($\pi$) বন্ধন সৃষ্টি করে। প্রকৃতপক্ষে এ ছয়টি $2p_z^1$ অরবিটালের ছয়টি ইলেকট্রন নির্দিষ্ট তিনজোড়া কার্বন পরমাণুর মধ্যে তিনটি পাই ($\pi$) বন্ধন রূপে স্থির অবস্থায় না থেকে বেনজিন অণুর ছয় কার্বনের মূল কাঠামোতে পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা চক্রাকারে সঞ্চরণশীল থাকে। এজন্য বেনজিন অণুকে বর্তমানে নিম্নরূপে দেখানো হয়। (চিত্র ৬.৪০)



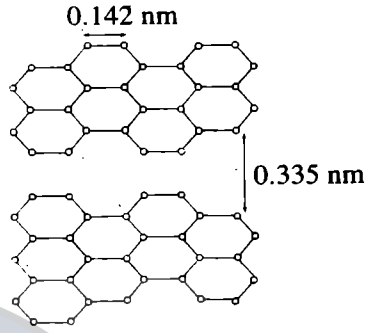

চিত্র–৬.৩৯ ঃ বেনজিন অণুতে ছয়টি $2p_z^1$ অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ ।

চিত্র ৬.৪০ ঃ বেনজিন অণুতে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন

http://pdfcorner.com

**(খ) গ্রাফাইটের গঠন**

গ্রাফাইটের গঠনে **প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে $sp^2$ সংকরণ** দ্বারা তিনটি সংকর অরবিটাল ও একটি অসংকরিত অরবিটাল থাকে। গ্রাফাইটে এ তিনটি সংকর অরবিটাল দ্বারা প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সাথে সিগমা বন্ধন দ্বারা যুক্ত হয়। ফলে গ্রাফাইটে অসংখ্য কার্বন পরমাণু সহকারে ষড়ভুজী জালের সমতলীয় শীট বা স্তর সৃষ্টি করে থাকে। প্রতিটি স্তরে এরূপ ষড়ভুজ জালের সৃষ্টি হয়। এ সব C – C বন্ধন সৃষ্টির পরেও প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে একটি করে ইলেকট্রন যুক্ত অসংকরিত $2p_z^1$ অরবিটাল অব্যবহৃত থেকে যায়। এ অরবিটালসমূহ পরস্পরের সাথে সংযুক্ত হয়ে এমন অবস্থার সৃষ্টি করে যে তাদের $\pi$- ইলেকট্রনগুলো একই স্তরের সমগ্র জালিতে সঞ্চরণ করতে পারে। এ সঞ্চরণশীল ইলেকট্রনের কারণেই **গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী** হয়।



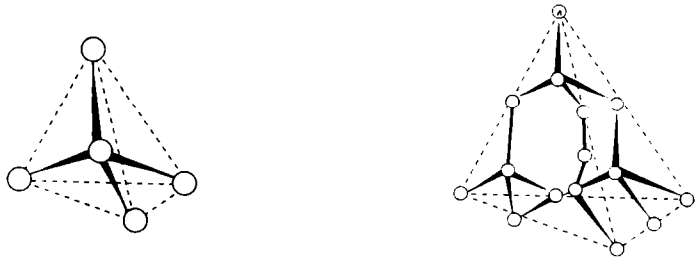
চিত্র ৬.৪১ ঃ গ্রাফাইটের গঠন।

আবার অসংখ্য গ্রাফাইট স্তর পরস্পরের সাথে সমান্তরালভাবে অবস্থিত। এ স্তরসমূহের মধ্যে তুলনামূলকভাবে বড় ফাঁক থাকে এবং কোন রাসায়নিক বন্ধন নেই, তাদের মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল বিদ্যমান। তাই স্তরগুলো একে অন্যের উপর দিয়ে চলাচল করতে পারে। এ কারণে **গ্রাফাইট নরম ও পিচ্ছিল**। স্তরসমূহের মধ্যে তুলনামূলকভাবে বড় ফাঁক থাকায় **গ্রাফাইটের আপেক্ষিক গুরুত্ব** (2.25) ডায়মন্ড বা **হীরক** (আপেক্ষিক গুরুত্ব 3.5) **অপেক্ষা কম**।

## ৬.৩৫। হীরকের গঠন

**Structure of Diamond**

গ্রাফাইটের ন্যায় হীরক কার্বনের একটি রূপভেদ হলেও এদের ধর্মে খুবই পার্থক্য বিদ্যমান। এর কারণ এদের অণু মধ্যস্থ বন্ধনের মধ্যে নিহিত। **হীরকের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর $sp^3$ সংকরণ ঘটে**। চারটি সংকর অরবিটাল একটি চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে প্রসারিত, যার কেন্দ্রস্থলে কার্বন পরমাণুটি অবস্থিত। এ চারটি সংকর অরবিটাল অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে চারটি সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। ফলে প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর চারটি কার্বন পরমাণু দ্বারা চতুস্তলকীয়ভাবে পরিবেষ্টিত ও সিগমা বন্ধনযুক্ত থাকে। এভাবেই একটি অতি বৃহৎ ত্রিমাত্রিক অণু গঠিত হয়, যা হীরকরূপে দেখা যায়।


চিত্র ৬.৪১ ঃ হীরকের গঠন।

http://pdfcorner.com

**যেহেতু প্রতিটি $sp^3$ সংকরিত কার্বন পরমাণুর সব যোজ্যতা ইলেকট্রন অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে সিগমা বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয় এবং এতে কোন মুক্ত বা সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে না, সেহেতু হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী।**

এক একটি হীরক খণ্ড এক একটি অতি বৃহৎ অণু। একটি হীরক খণ্ডকে টুকরা করতে হলে অসংখ্য শক্তিশালী C – C বন্ধন ছিন্ন করতে হয়। এ কারণে হীরক অত্যন্ত শক্ত, প্রকৃতপক্ষে সব বস্তুর মধ্যে হীরক কঠিনতম। গলন প্রক্রিয়া দ্বারা সমযোজী বন্ধন ছিন্ন করতে হয় বলে হীরকের গলনাঙ্ক খুবই বেশি। কার্বন পরমাণুসমূহ পরস্পরের নিকটে অবস্থিত বলে হীরকের আপেক্ষিক গুরুত্ব (3.51) গ্রাফাইট অপেক্ষা বেশি (প্রায় 3600°C)। **প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে দৃঢ় বন্ধনে আবদ্ধ থাকায় হীরক রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়** এবং বিভিন্ন রাসায়নিক বিকারক সহজে একে আক্রমণ করতে পারে না।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **রাসায়নিক বন্ধন ঃ** বিভিন্ন অণুতে পরমাণুসমূহ যে আকর্ষণী বলের সাহায্যে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত থাকে তাকে রাসায়নিক বন্ধন বলে। রাসায়নিক বন্ধন প্রধানত তিন প্রকার। যথা ঃ

(১) তড়িৎযোজী বা আয়নিক বন্ধন, (২) সমযোজী বা সহযোজী বন্ধন, (৩) সন্নিবেশ বন্ধন।

এছাড়াও আরও দু প্রকারের বন্ধন আছে। যেমন, (i) ধাতব বন্ধন ও (ii) হাইড্রোজেন বন্ধন।

✪ **আয়নিক বন্ধন ঃ** ধাতু ও অধাতু মিলিত হওয়ার সময় ধাতব পরমাণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন অধাতব পরমাণুকে দান করে। ফলে ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট ধাতব আয়ন এবং ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট অধাতব আয়নের সৃষ্টি হয়। আয়নদ্বয় স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা আবদ্ধ হয়; একেই আয়নিক বন্ধন বলে।

✪ **আয়নিক যৌগের সাধারণ ধর্মাবলি ঃ (১) কেলাস গঠন ঃ** কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগে আয়নসমূহ সুশৃঙ্খল জ্যামিতিক আকারে সজ্জিত থাকে বলে এদের সুনির্দিষ্ট কেলাস গঠন আছে। **(২) সমরূপতা ঃ** বিভিন্ন আয়নিক যৌগের ইলেকট্রনিক গঠন অভিন্ন হলে কঠিন অবস্থায় এদের কেলাস গঠনও একইরূপ হয়, একে সমরূপতা বলে। **(৩) গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক এবং উদ্বায়িতা ঃ** আয়নিক যৌগসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক উভয়েই বেশি বলে এসব যৌগ অনুদ্বায়ী। **(৪) দ্রবণীয়তা ঃ** আয়নিক যৌগসমূহ পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয় এবং অপোলার দ্রাবকে অদ্রবণীয়। **(৫) তড়িৎবাহিতা ঃ** কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগসমূহ তড়িৎ অপরিবাহী। কিন্তু দ্রবণে ও গলিত অবস্থায় এরা বিদ্যুৎ পরিবাহী। **(৬) ভঙ্গুরতা ঃ** আয়নিক যৌগসমূহ ভঙ্গুর অর্থাৎ এদের বিকৃত করতে গেলে ভেঙে যায়। **(৭) রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি ঃ** দ্রবণে আয়নিক যৌগের আয়নসমূহ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় ছড়িয়ে থাকে বলে দুটি আয়নিক যৌগের দ্রবণকে মিশ্রিত করলে যদি বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তবে তার গতি অস্বাভাবিক দ্রুত হয়।

**(৮) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহের স্বকীয়তা ঃ** আয়নিক যৌগে আয়নসমূহের নিজেদের পৃথক সত্ত্বা বজায় থাকে।

http://pdfcorner.com

✪ **সমযোজী বন্ধন ঃ** দুই অধাতব পরমাণুর সমসংখ্যক ইলেকট্রন দ্বারা ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি এবং ঐ ইলেকট্রন যুগল পরস্পরের মধ্যে শেয়ারের ফলে যে বন্ধন সৃষ্টি হয়, তাকে সমযোজী বন্ধন বলে। যদিও অনেক সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে অক্টেট নিয়ম প্রযোজ্য তবুও কোন কোন ক্ষেত্রে তা লঙ্ঘিত হয়।

✪ **সমযোজী যৌগসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি ঃ (১) নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** সমযোজী যৌগসমূহের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক নিম্ন।(২) **দ্রবণীয়তা ঃ** সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত অপোলার দ্রাবকে দ্রবণীয় এবং পোলার দ্রাবকে অদ্রবণীয়। সমযোজী যৌগসমূহের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ খুবই কম হওয়ায় এরা সহজেই অপোলার দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। (৩) **সমাণুতা ঃ** সমযোজী যৌগসমূহ সর্বমোট আণবিক সংকেত একই রেখে বিভিন্ন রূপে গাঠনিকভাবে বিন্যস্ত থাকতে পারে বলে এই যৌগসমূহ সমাণুতা প্রদর্শন করে। (৪) **তড়িৎ পরিবাহিতা ঃ** যেহেতু সমযোজী যৌগসমূহ কোন আয়ন দ্বারা গঠিত নয়, সেহেতু এরা তড়িৎ অপরিবাহী। অবশ্য কোন বিশেষ ক্ষেত্রে কোন যৌগ দ্রবণে আয়ন সৃষ্টি করতে পারলে তা তখন তড়িৎ পরিবাহী হয়।

✪ **সন্নিবেশ বন্ধন ঃ** যদি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল একটি মাত্র পরমাণু যোগান দেয় তখন যে বন্ধন সৃষ্টি হয় তাকে সন্নিবেশ বন্ধন বলে।

✪ **সন্নিবেশ বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্মাবলি ঃ** সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে একটি বিশেষ ধরনের সমযোজী বন্ধন। এ কারণে সন্নিবেশ বন্ধনযুক্ত যৌগসমূহ প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করে।

✪ **সমযোজী যৌগের আংশিক আয়নিক ধর্ম বা পোলারিটি ঃ** বন্ধনে অংশগ্রহণকারী পরমাণুসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের জন্য অণুস্থ পরমাণুসমূহে আংশিক ধনাত্মক ও আংশিক ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টির ফলে দুই প্রান্তে দুটি মেরুর উৎপত্তি হয়। একে **ডাইপোল** বলে এবং এ ধরনের ধর্মকে **পোলারিটি** বলা হয়। এরূপ সমযোজী যৌগকে **পোলার যৌগ** বলা হয়।

✪ **পোলারায়ন ঃ** একটি আয়নের প্রভাবে অন্য আয়নের ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি সংঘটিত হওয়াকে পোলারায়ন বলে। ক্যাটায়নের প্রভাবে অ্যানায়নের বিকৃতি উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হয়। **পোলারায়নের ফলে আয়নিক যৌগে সমযোজী যৌগের ধর্ম আংশিকভাবে পরিলক্ষিত হয়।**

✪ **ফাজানের সূত্র ঃ** যে সব শর্ত দ্বারা কোন আয়নের পোলারায়নের পরিমাণ নির্ধারিত হয়, তা বিজ্ঞানী ফাজান লিপিবদ্ধ করেন। তার নামানুসারে এদেরকে ফাজানের সূত্র বলা হয়।

✪ **আয়নিক পটেনশিয়াল ঃ** ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের আধানের পরিমাণের সাথে বাড়ে এবং ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সাথে কমে। কোন ক্যাটায়নের আধানকে ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ দ্বারা ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায়, তাকে আয়নিক পটেনশিয়াল বলা হয়।

✪ **হাইড্রোজেন বন্ধন ঃ** হাইড্রোজেনযুক্ত পোলার অণুসমূহ যখন পরস্পরের সান্নিধ্যে আসে, তখন একটি অণুর হাইড্রোজন প্রান্ত অন্য অণুর ঋণাত্মক প্রান্তের দিকে বিশেষভাবে আকৃষ্ট হতে পারে। এই আকর্ষণকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলা হয় এবং তা ডট্ ডট্ '····' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

✪ **হাইড্রোজেন বন্ধনযুক্ত সমযোজী যৌগসমূহের ধর্ম ঃ (১) উচ্চতর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে অণুসমূহের বিপরীত প্রান্তসমূহ পরস্পরের সাথে আকৃষ্ট হয়ে বিরাট পলিমার অণু সৃষ্টি করে। তাই এসব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক একই ধরনের অন্যান্য সমযোজী যৌগ অপেক্ষা অনেক বেশি। (২) **পানিতে দ্রবণীয়তা ঃ** সাধারণত সমযোজী যৌগসমূহ পানিতে অদ্রবণীয়। কিন্তু হাইড্রোজেন বন্ধনযুক্ত সমযোজী যৌগসমূহ পানিতে দ্রবণীয় হয়। বিশেষত যদি তাদের আণবিক ভর কম হয়, তবে তারা পানিতে ভাল দ্রবণীয় হয়।

http://pdfcorner.com

✪ **বরফের গঠন ঃ** বরফের কেলাসের প্রতিটি $H_2O$ অংশ হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে চতুস্তলকীয়ভাবে অপর চারটি $H_2O$ অংশের সাথে যুক্ত থাকে। এভাবে অতি বৃহৎ অণু গঠিত হয়। বরফের সংকেত $(H_2O)_n$।

✪ **ধাতব বন্ধন ঃ** কঠিন অবস্থায় ধাতুর পরমাণুসমূহ পরস্পরের সাথে যে আকর্ষণ দ্বারা আবদ্ধ হয়, তাকে ধাতব বন্ধন বলা হয়।

✪ **ভ্যানডার ওয়ালস বল ঃ** যে কোন পদার্থে অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণই ভ্যানডার ওয়ালস বল নামে পরিচিত। তবে এটি সাধারণ রাসায়নিক বন্ধনের তুলনায় অনেক দুর্বল।

✪ **বন্ধন কোণ ঃ** কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে যুক্ত অন্য পরমাণুর নিউক্লিয়াসসমূহকে সরলরেখা দ্বারা যোগ করা হলে কেন্দ্রীয় পরমাণুতে বিভিন্ন কোণের উৎপত্তি হয়। এ কোণসমূহকে বন্ধন কোণ বলা হয়।

✪ **অরবিটাল সংকরণ ও সংকর অরবিটাল ঃ** একটি পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের বিভিন্ন ধরনের অরবিটাল পরস্পরের সাথে মিশ্রিত হয়ে প্রায় তুল্য অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অরবিটালসমূহের **সংকরণ** বলা হয় এবং এভাবে সৃষ্ট অরবিটালসমূহকে **সংকর অরবিটাল** বলা হয়।

✪ **সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন ঃ** কিছু কিছু অণুতে কিছু ইলেকট্রন একটি বা দুটি পরমাণুতে আবদ্ধ না থেকে বিস্তৃত এলাকায় পরিভ্রমণরত থাকে, এদেরকে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন বলা হয়। বেনজিন অণুর কাঠামো C—C ও C – H সিগমা বন্ধনের মাধ্যমে গঠিত হয়। এতে কার্বন পরমাণুর $sp^2$ সংকরণ হয়। এরপরও প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে একটি অসংকরিত ইলেকট্রন থেকে যায়। এ ছয়টি ইলেকট্রন বেনজিন অণুর সমগ্র অংশে সঞ্চরণশীল।

✪ **গ্রাফাইটের গঠন ঃ** গ্রাফাইটে প্রতিটি কার্বন পরমাণু $sp^2$ সংকরিত এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সাথে বন্ধনযুক্ত। এভাবে বিশাল ষড়ভুজীয় জালি তৈরি হয়। প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে একটি করে অসংকরিত ইলেকট্রন থাকে। এ ইলেকট্রনসমূহ সমগ্র অণুতে সঞ্চরণশীল হওয়ায় গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী।

✪ **হীরকের গঠন ঃ** হীরকে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর $sp^3$ সংকরণ হয়। প্রতিটি কার্বন পরমাণু চতুস্তলকীয়ভাবে অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে বন্ধনযুক্ত। এভাবে বিশাল অণুর সৃষ্টি হয়। এতে কোন মুক্ত ইলেকট্রন না থাকায় হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

## অনুশীলনী–৬ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) রাসায়নিক বন্ধন বলতে কী বোঝায়? [ রা. বো. ২০১১]

(খ) দুটো পরমাণুর মধ্যে রাসায়নিক বন্ধন গঠনের মূল শর্ত কী?

(গ) রাসায়নিক বন্ধন কয় প্রকার ও কী কী? রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাসের ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠনের মূল কারণ স্থিতিশীলতা অর্জন। —এর ব্যাখ্যা দাও।

২। রাসায়নিক বন্ধনের ইলেকট্রনীয় অষ্টক নিয়ম ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৩। (ক) আয়নিক বা তড়িৎযোজী বন্ধন কী? এটি কীভাবে সৃষ্টি হয়, তা উদাহরণসহ দেখাও। [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৮; চ. বো., ২০১০; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০ ]

(খ) আয়নিক বন্ধনের সীমাবদ্ধতা কী কী?

(গ) আয়নিক বা তড়িৎযোজী যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য বা ধর্মসমূহ ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১০ ]

৪। (ক) সমযোজী বন্ধন কী? এটি কীভাবে গঠিত হয়; উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১১]

(খ) সমযোজী যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে অষ্টক নিয়মের ব্যতিক্রম উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(গ) সমযোজী বন্ধনে 'দুই-এর' নিয়ম কী? এর দ্বারা বিভিন্ন যৌগের বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) সমযোজী যৌগের সাধারণ ধর্মাবলি বা বৈশিষ্ট্য কী কী? [ঢা. বো. ২০১০]

৫। সমযোজী বন্ধন গঠনের 'যোজনী বন্ধন মতবাদ' আলোচনা কর।

৬। (ক) সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন বলতে কী বোঝায়? উদাহরণে অরবিটাল চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১১]

(খ) সিগমা ($\sigma$) বন্ধন ও পাই ($\pi$) বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন—ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০ ]

(গ) সিগমা ($\sigma$) বন্ধন ও পাই ($\pi$) বন্ধনের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর।

(ঘ) আয়নিক ও সমযোজী যৌগের তিনটি পার্থক্য লেখ।

৭। (ক) সন্নিবেশ বন্ধন কী? এ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয়, উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো., ২০১০; ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

(খ) সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধনের একটি বিশেষ রূপ–তা ব্যাখ্যা কর। [ ব. বো. ২০০৯]

৮। (ক) একই যৌগে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনের উপস্থিতি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) $NH_4Cl$ যৌগে কী কী ধরনের বন্ধন আছে? [ রা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৭ ]

(গ) $NH_4^+$ আয়নে উপস্থিত বন্ধনসমূহ কিরূপে গঠিত হয় তা ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) KF এ উপস্থিত রাসায়নিক বন্ধন কীভাবে গঠিত হয় তা ব্যাখ্যা কর।

(ঙ) $Ca_3N_2$ এর মধ্যে কী ধরনের বন্ধন আছে তার বন্ধন গঠন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।

(চ) $KBF_4$ যৌগে কী ধরনের বন্ধন আছে, তা ব্যাখ্যা কর। [ য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮]

(ছ) $(H_2O)_n$ যৌগে কী কী ধরনের বন্ধন আছে, ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৯; কু বো. ২০১০ ]

৯। (ক) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলতে কী বুঝ?

(খ) সমযোজী যৌগে আয়নিক বন্ধনের বৈশিষ্ট্য প্রকাশের কারণ উদাহরণসহ লেখ। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০১০]



http://pdfcorner.com

(গ) আয়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) ফাজানের নিয়ম কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঙ) আয়নিক যৌগে সমযোজী বন্ধনের বৈশিষ্ট্য প্রকাশের কারণ উদাহরণসহ আলোচনা কর।

[চ. বো. ২০০৯, ২০১১; ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯ ]

(চ) আয়নিক পটেনশিয়াল কী? বিভিন্ন লবণের ধর্মের উপর পোলারায়নের প্রভাব ৪টি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১০। (ক) ধাতব বন্ধন কী? ধাতব বন্ধন সংক্রান্ত ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ ব্যাখ্যা কর। [ ব. বো. ২০১০ ]

(খ) ধাতব বন্ধন কী ? ইলেকট্রন গ্যাস মতবাদ কীভাবে ধাতুর বিশেষ ধর্মাবলি ব্যাখ্যা করে দেখাও।

১১। (ক) সমযোজী অণুসমূহের মধ্যে যে আকর্ষণী বল কাজ করে তা কীভাবে উৎপন্ন হয়?

(খ) ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল কী? ভ্যানডার ওয়ালস বলের উৎসসমূহ কী কী? [ঢা. বো. ২০০৮]

(গ) ডাইপোল–ডাইপোল আকর্ষণ, ডাইপোল–আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ বল ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১২। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? এটি কীভাবে গঠিত হয়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০১১; দি. বো. ২০০৯ ]

(খ) সমযোজী যৌগের ভৌত ধর্মের উপর হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রভাব আলোচনা কর। [কু. বো. ২০১০]

(গ) বরফের গঠন বন্ধন প্রকৃতি দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

১৩। (ক) অরবিটাল সংকরণ বলতে কী বোঝায়? সংকর অরবিটালসমূহের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

(খ) অরবিটাল সংকরণ কী? উদাহরণসহ $sp^3$ সংকরণ ব্যাখ্যা কর। [ চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১০]

(গ) $sp^3$ সংকরণ বলতে কী বোঝায়? একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) কার্বনের সুষম চতুর্যোজ্যতা ব্যাখ্যা কর।

(ঙ) অরবিটাল সংকরণ কী? $sp^2$ সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১০ ]

(চ) sp সংকরণ কাকে বলে? sp সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০১০]

১৪। (ক) সমযোজী অণুর আকৃতি ব্যাখ্যায় অরবিটাল সংকরণ মতবাদের উপযোগিতা ব্যাখ্যা কর।

(খ) $CH_4$, $NH_4^+$, $NH_3$, $H_2O$ প্রভৃতি যৌগ ও আয়নের আকৃতি ব্যাখ্যা কর।

(গ) $BCl_3$, $H_2O$, $NH_3$ এর অণুর আকৃতি কিরূপ তা অঙ্কন কর।

১৫। (ক) সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন বলতে কী বুঝ? এর সাহায্যে বেনজিনের গঠন ব্যাখ্যা কর।

[ ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯, ২০১১]

(খ) গ্রাফাইটের গঠন আলোচনা কর। গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী কেন?

(গ) হীরকের গঠন আলোচনা কর এবং তা থেকে এর ধর্ম ব্যাখ্যা কর।

http://pdfcorner.com

## খ-বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন ভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। **সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা কর ঃ [ আয়নিক বন্ধন সম্পর্কীয় ]**

(ক) আয়নিক যৌগ পোলার দ্রাবকে কীভাবে দ্রবীভূত হয়?

অথবা $NaCl$ পানিতে দ্রবীভূত হয় কীরূপে ?

(খ) $NaCl$ পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু অ্যালকোহলে দ্রবণীয় নয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(গ) $PbCl_2$ ঠান্ডা পানিতে অদ্রবণীয়, কিন্তু গরম পানিতে দ্রবণীয় কেন?

(ঘ) $AgF$ পানিতে দ্রবণীয় হলেও $AgCl$, $AgBr$, $AgI$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন? [কু. বো. ২০১০; ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮]

অথবা, সিলভার হ্যালাইডের মধ্যে কোনটি পানিতে দ্রবণীয় এবং কেন? [ব. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৭]

(ঙ) কঠিন $NaCl$ বিদ্যুৎ অপরিবাহী; কিন্তু বিগলিত অবস্থায় ও দ্রবণে তড়িৎ পরিবাহী হয় কেন?

(চ) $NaCl$-এর গলনাঙ্ক $MgCl_2$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন?

(ছ) $NaCl$ এর স্ফুটনাঙ্ক $MgCl_2$ এর স্ফুটনাঙ্ক থেকে বেশি কেন?

(জ) $MgCl_2$ এর গলনাঙ্ক $AlCl_3$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন? [চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৭]

(ঝ) $FeCl_2$ -এর গলনাঙ্ক $FeCl_3$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন? [ চ. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭]

(ঞ) $NaCl$ এর গলনাঙ্ক $AgCl$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন?

(ট) $CaCl_2$ বা $MgCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক সমযোজী এবং কেন? [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]

(ঠ) $KCl$ এবং $CaCl_2$ এর মধ্যে কোন্‌টি বেশি আয়নিক এবং কেন? [কু. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১০ ]

(ড) $AlF_3$ আয়নিক যৌগ হলেও $AlCl_3$-এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রবল। ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৮]

(ঢ) $AgF$ ও $AgCl$ সাদা বর্ণের, $AgBr$ হালকা হলুদ ও $AgI$ গাঢ় হলুদ বর্ণের-ব্যাখ্যা কর।

(ণ) ক্ষার ধাতুর কার্বনেটসমূহ তাপ স্থিত হলেও লিথিয়াম কার্বনেট উচ্চতাপে বিযোজিত হয় কেন?

(ত) $BaCO_3$, অপেক্ষা $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ তাপে সহজে বিযোজিত হয়; ব্যাখ্যা কর।

(থ) $CaF_2$, $CaCl_2$, $CaBr_2$, $CaI_2$ এ সিরিজে আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে যৌগের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়।

(দ) পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন কী? [

(ধ) সবুজ ভিট্রিওলের সমরূপী একটি যৌগের নাম ও সংকেত লেখ।

(ন) শুষ্ক বরফ বলতে কী বুঝ? [দি. বো. ২০১১]

২। **ব্যাখ্যা কর, কেন ঃ [ সমযোজী বন্ধন সম্পর্কীয় ]**

(১) সমযোজী যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক আয়নিক যৌগের চেয়ে অনেক কম।

অথবা, আয়নিক যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সমযোজী যৌগের তুলনায় বেশি হয় কেন?

(২) $NCl_5$-এর অস্তিত্ব নেই, কিন্তু $PCl_5$-এর অস্তিত্ব আছে। [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

অথবা, Nএর সাথে Cl কেবল $NCl_3$ গঠন করে; কিন্তু P ও Cl এর বিক্রিয়ায় $PCl_3$ ও $PCl_5$ গঠিত হয়-এর ব্যাখ্যা দাও।

(৩) $SF_4$ ও $SF_6$ গঠিত হয়; কিন্তু $OF_4$ ও $OF_6$ এর অস্তিত্ব নেই কেন?

http://pdfcorner.com

(৪) $CO_2$ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস, কিন্তু $SiO_2$ কঠিন পদার্থ এর ব্যাখ্যা দাও। [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১১]
অথবা, $SiO_2$-এর গলনাঙ্ক $CO_2$-এর গলনাঙ্কের চেয়ে অনেক বেশি।

(৫) কক্ষ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল, কিন্তু $H_2S$ গ্যাস। [চ. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২ ২০১১; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]

(৬) (ক) হাইড্রোজেন হ্যালাইডসমূহের মধ্যে HF-এর স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি।
(খ) হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (HF) ডাইমার, ট্রাইমার প্রভৃতি গঠন করতে পারে।
(গ) অ্যাসিটিক এসিড ডাইমার গঠন করতে পারে, ব্যাখ্যা কর।

(৭) বরফ পানিতে ভাসে কেন? ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০০৭]
অথবা, পানি অপেক্ষা বরফের ঘনত্ব কম কেন?

(৮) (ক) তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিদ্যুৎ কুপরিবাহী হলেও পানিতে এর দ্রবণ বিদ্যুৎ সুপরিবাহী।
(খ) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) সমযোজী হলেও পানিতে দ্রবণীয় কেন?
(গ) ইথানল জৈব যৌগ হলেও পানিতে দ্রবণীয় কেন?

(৯) O, Ne, C ও F মৌলসমূহকে তড়িৎ ঋণাত্মকতার ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজাও এবং সপক্ষে কারণ দেখাও।

(১০) $AlCl_3$-এর গলনাঙ্ক খুব কম; অথচ এটি পানিতে দ্রবণীয় এবং এর দ্রবণে $Al^{3+}$ ও $Cl^-$ আয়নের পরীক্ষা পাওয়া যায়।

(১১) (ক) অ্যামোনিয়ার অণুতে H–N–H বন্ধন কোণ 107° হয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১]
(খ) পানি অণুতে H–O–H বন্ধন কোণ 104.5° হয় কেন? [কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১১]
(গ) $BeCl_2$ অণুর গঠন সরলরৈখিক কেন? [য. বো. ২০০৮]
(ঘ) $CH_4$ ও $BCl_3$ এর আকৃতি ও বন্ধন কোণ দেখাও।
(ঙ) $CH_4$, $NH_3$ এবং $H_2O$ এর কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই হওয়া সত্ত্বেও তাদের আকৃতি ভিন্ন কেন?

(১২) (ক) গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী হয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৮; স. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১০]
(খ) হীরক বিদ্যুৎ পরিবাহী নয় কেন? [কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৯]

৩। **নিম্নলিখিত যৌগে কোন্ কোন্ ধরনের বন্ধন আছে?**

(ক) $CaCl_2$ [সি. বো. ২০০৫; ঢা. বো. ২০০৫] (খ) $CH_4$
(গ) $KBF_4$; (ঘ) $NH_4Cl$;
(ঙ) $NH_4^+$ (চ) $(H_2O)_n$
(ছ) $[Ag(NH_3)_2]Cl$ (জ) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$
(ঝ) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$; (ঞ) $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$;
(ট) $K_4[Fe(CN)_6]$

৪। আয়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন কী?

৫। আয়নিক পটেনশিয়াল কী?

http://pdfcorner.com

৬। আয়নিক যৌগে আংশিক সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রকাশের উৎস কী?

৭। সমযোজী যৌগে আংশিক আয়নিক যৌগের ধর্মের উৎস কী?

৮। (ক) পোলার যৌগ কাকে বলে? তা কখন সৃষ্টি হয়?
(খ) 'HF একটি পোলার যৌগ'– তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০১১]
(গ) HCl পোলার অণু কেন, তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৮]
(ঘ) ডাইপোল কী?

৯। ভ্যানডার ওয়ালস বল কী? এর উৎস কী?

১০। একটি যৌগের গলনাঙ্ক 10°C, তা পানিতে অদ্রবণীয়, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়। এতে কোন্ ধরনের বন্ধন বিদ্যমান, কারণসহ ব্যাখ্যা কর।
[উঃ সমযোজী বন্ধন; কেননা, তা নিম্ন গলনাঙ্কবিশিষ্ট, পানিতে অদ্রবণীয় ও জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়।]

১১। একটি যৌগের গলনাঙ্ক 5°C, তা পানিতে দ্রবণীয়। এতে কোন্ ধরনের বন্ধন থাকতে পারে, কারণসহ ব্যাখ্যা কর।
[উঃ সমযোজী যৌগ ; কেননা, তা নিম্ন গলনাঙ্কবিশিষ্ট। সম্ভবত পোলার ধরনের যৌগ হওয়ায় অথবা হাইড্রোজেন বন্ধনের কারণে তা পানিতে দ্রবণীয়।]

১২। একটি যৌগের গলনাঙ্ক 3000°C, তা পানিতে অদ্রবণীয়। গলিত অবস্থায় তা বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়। এ যৌগের বন্ধনের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর।
[উঃ সমযোজী যৌগ, দৈত্যাকার অণু। যেহেতু গলিত অবস্থায় বিদ্যুৎ অপরিবাহী, সেহেতু সমযোজী যৌগ। উচ্চ গলনাঙ্ক থেকে বোঝা যায় তা দৈত্যাকার অণু; যেমন; $(SiO_2)_n$, $(SiC)_n$।]

১৩। নিম্নোক্ত মৌলের লুইস প্রতীক অঙ্কন কর ঃ
(ক) (i) Ca (ii) Br (iii) As, (iv) B
(খ) Mg (ii) F (iii) O (iv) P

১৪। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের লুইস প্রতীক অঙ্কন কর।

১৫। নিম্নোক্ত যৌগের লুইস কাঠামো অঙ্কন কর এবং কোন্ কোন্ পরমাণু অকটেট নিয়ম মেনে চলে না, তা উল্লেখ কর।
(ক) (i) $SO_2$ (ii) $SF_4$ (iii) $PCl_3$
(খ) (i) $OF_2$ (ii) $BCl_3$ (iii) $SF_2$

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। ধাতু ও অধাতুর মধ্যে আয়নিক বন্ধন এবং অধাতু ও অধাতুর পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন দ্বারা অণু গঠিত হয়। রাসায়নিক বন্ধনে পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন বিশেষ ভূমিকা পালন করে। সব আয়নিক যৌগ কঠিন। যৌগের বন্ধন প্রকৃতির উপর এর গলনাঙ্ক নির্ভর করে। প্রকৃত আয়নিক যৌগের গলনাঙ্ক 700°C এর বেশি হয়।

(ক) মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন কী? Na ও Cl এর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে তা চিহ্নিত কর। ১

(খ) লুইস প্রতীক কী? লুইস প্রতীকের সাহায্যে Ca ও Cl এর মধ্যে রাসায়নিক বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, $AlCl_3$ গঠনে আয়নিক যৌগ; কিন্তু এর গলনাঙ্ক 190°C। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, আয়নিক যৌগ কঠিন। গ্রুপ-IVA এর C ও Si মৌলদ্বয় ডাইঅক্সাইড গঠন করে। সাধারণ অবস্থায় $CO_2$ হল গ্যাস; কিন্তু $SiO_2$ হল কঠিন। উভয় অক্সাইডের প্রকৃতি ও আণবিক গঠন থেকে এদের গলনাঙ্ক এবং ভৌত অবস্থার তুলনামূলক ব্যাখ্যা কর। ৪

http://pdfcorner.com

২। পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে, বিক্রিয়াকালে পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের বিভিন্ন অরবিটালসমূহের মধ্যে সংকরণ ঘটে। দুটি পরমাণুর সংকরিত অরবিটালের মধ্যে অথবা সংকরিত অরবিটাল ও বিশুদ্ধ অরবিটালের মধ্যে সিগমা বন্ধন ও অসংকরিত অরবিটালের মধ্যে পাই ($\pi$) বন্ধন গঠন সম্ভব। অরবিটাল সংকরণ যৌগ অণুর গঠন আকৃতি নিয়ন্ত্রণ করে।

(ক) অরবিটাল সংকরণ বলতে কী বুঝ? N-পরমাণুতে কী ধরনের অরবিটাল সংকরণ ঘটে? ১

(খ) সমযোজী সিগমা বন্ধন বলতে কী বুঝ? Cl-পরমাণু ও H-পরমাণুর মাধ্যমে উদাহরণ দাও। ২

(গ) উদ্দীপকের অরবিটাল সংকরণ মতে, $CH_4$ ও $NH_3$ অণু গঠনে C ও N প্রত্যেকে $sp^3$ সংকরণ দ্বারা $\sigma$-বন্ধন গঠন করে। $CH_4$ ও $NH_3$ এর আণবিক গঠনদ্বয় ভিন্ন কেন ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের অরবিটাল সংকরণের ভিন্নতার কারণে কার্বনের দুটি বহুরূপ হল গ্রাফাইট ও হীরক। ধাতু বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়; কিন্তু গ্রাফাইট অধাতু হওয়া সত্ত্বেও বিদ্যুৎ পরিবাহী হয় কীরূপে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। দুটি অধাতব পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার কম–বেশি পার্থক্যের কারণে সমযোজী যৌগ পোলার ও অপোলার হয়। সকল হাইড্রোকার্বন যৌগ অপোলার। পোলার অণুগুলো H-বন্ধন গঠন করে। হাইড্রক্সিল মূলক, $-NH_2$ মূলক, >C=O মূলক যুক্ত প্রাকৃতিক যৌগসমূহে যেমন পানি, কার্বোহাইড্রেট, কার্পাসতুলা, প্রোটিন, DNA ও RNA ইত্যাদিতে H-বন্ধনের প্রভাব অত্যধিক।

(ক) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা কী? ১

(খ) পোলার অণু কী? সমযোজী অণু কখন পোলার অণু হয়? হাইড্রোকার্বন অপোলার কেন ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, হাইড্রোজেন বন্ধন কী? গ্রুপ VIA এর মৌল O এবং S এর হাইড্রাইড হল $H_2O$ এবং $H_2Si$ সাধারণ অবস্থায় $H_2O$ তরল; কিন্তু $H_2S$ হল গ্যাস। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ইথানল ও ফেনল উভয় সমযোজী জৈব যৌগে —OH মূলক আছে। সাধারণ অবস্থায় পানিতে ইথানল যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। শীতল পানিতে ফেনল প্রায় অদ্রবণীয়; কিন্তু গরম পানিতে ফেনল দ্রবণীয়; এর ব্যাখ্যা দাও। প্রাণীর জীবনে H বন্ধনের গুরুত্ব লেখ। ৪

৪। মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব বেশি যেমন 1.9 এর বেশি হলে এদের মধ্যে আয়নিক বন্ধন এবং তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 এর কম হলে এদের মধ্যে সমযোজী বন্ধন ঘটে। নিচে পর্যায়-সারণির ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান দেওয়া হল। পলিমার গঠন সমযোজী জৈব যৌগে বেশি ঘটে; আয়নিক যৌগে বিরল।

| মৌলসমূহ ঃ | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| তড়িৎ–ঋণাত্মকতা ঃ | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 0 |

(ক) সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন বা ডিলোকালাইজড ইলেকট্রন কী? ১

(খ) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলতে কি বুঝ? রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতির উপর তড়িৎ ঋণাত্মকতার প্রভাব লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, Na ও Cl এর মধ্যে কী ধরণের রাসায়নিক বন্ধন গঠিত হয়, তা Na ও Cl এর ইলেকট্রন বিন্যাস সহযোগে অষ্টক নিয়ম মতে ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) পলিমার যৌগ কী? একটি অজৈব পলিমারের নাম ও সংকেত লেখ। নিম্নতাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের ডাইমার ($Al_2Cl_6$) গঠন ব্যাখ্যা কর। ৪

৫। একটি ধাতু ও একটি অধাতু মৌলের মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব বেশি যেমন 1.7 এর উর্ধ্বে হলে আয়নিক যৌগ গঠিত হয়। গঠনে আয়নিক হয়েও উচ্চ চার্জযুক্ত আয়ন দ্বারা সৃষ্ট যৌগ বাস্তবে সমযোজী ধর্ম প্রকাশ করে। তখন সংশ্লিষ্ট যৌগে গলনাঙ্ক হ্রাস পায় ও আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে। এর ব্যাখ্যার জন্য ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম আছে।

(ক) পাই ($\pi$) বন্ধন কী? ১

(খ) পোলারায়ন ও আয়নিক পটেনশিয়াল বলতে কী বুঝ, তা ব্যাখ্যা কর। ২

http://pdfcorner.com

(গ) উদ্দীপক মতে, আয়নিক যৌগে সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্য এবং সমযোজী যৌগে আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য প্রকাশের কারণ উদাহরণ সহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ বলতে কী বুঝ? $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ৪

৬। রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে, আয়নিক বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের ব্যাখ্যা করা যায়। অসম্পূর্ণ অষ্টক সহকারে ও অষ্টক সম্প্রসারণ করেও সমযোজী যৌগ গঠন সম্ভব। X, Y ও Z এ তিনটি মৌলের প্রোটন সংখ্যা যথাক্রমে 16, 17 ও 19. এ উদ্দীপক মতে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।

(ক) ইলেকট্রন বিন্যাসের হুন্ডের নীতি লেখ। ১

(খ) Y ও Z মৌল দুটির পর্যায় সারণিতে পর্যায় সংখ্যা ও গ্রুপ সংখ্যা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) X ও Y, X ও Z এবং Y ও Z মৌল যুগলের মধ্যে কী কী প্রকারের বন্ধন ঘটতে পারে লুইস প্রতীকের মাধ্যমে তা দেখাও। ৩

(ঘ) $SF_4$ ও $SF_6$ এর অস্তিত্ব আছে; কিন্তু $OF_4$ ও $OF_6$ এর অস্তিত্ব নেই। উদ্দীপকের অষ্টক তত্ত্ব মতে, এর কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

৭। রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় একাধিক মতবাদ রয়েছে। পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে, পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজনী সংখ্যা হয়। যেমন—ফ্লোরিন, অক্সিজেন ও জেননের যোজনী সংখ্যা যথাক্রমে 1, 2, 0 হয়।

$F(9) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^2\ \boxed{2p_z^1}$ $\qquad$ $O(8) \longrightarrow 1s^2 2s\ 2p_x^2\ \boxed{2p_y^1\ 2p_z^1}$

$Xe(54) \longrightarrow [Kr]\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p_x^2\ 5p_y^2\ 5p_z^2$

কিন্তু বেরিলিয়াম ও বোরন পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা যথাক্রমে 0, 1 থাকা সত্ত্বেও প্রদর্শিত যোজনী সংখ্যা হল যথাক্রমে 2, 3,

$$Be(4) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ ;\ B(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$$

পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্বের এ সীমাবদ্ধতা অরবিটাল সংকরণ মতবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

(ক) ইলেকট্রন বিন্যাসের পলির বর্জন নীতিটি লেখ। ১

(খ) যোজনী ও জারণ সংখ্যার মধ্যে দুটি পার্থক্য উদাহরণ সহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, $sp^2$ অরবিটাল সংকরণ কী? সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BCl_3$ এর গঠন অরবিটাল চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, সমযোজী বন্ধনের তিনটি 'মতবাদ'-এর নাম লেখ। $XeF_2$ ও $XeF_4$ যৌগ গঠনে রাসায়নিক বন্ধনের কোন মতবাদ অনুসৃত হয়েছে, তা কেন্দ্রীয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ও সংশ্লিষ্ট চিত্রসহ এদের কাঠামো সংকেত অঙ্কন করে দেখাও। ৪

## খ-বিভাগ : সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। মৌল Z এর সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ, $Z_2O$ কী ধরনের যৌগ হবে?

$Z \longrightarrow \ldots 2s^2\ 2p^6 3s^1$ এবং $O \longrightarrow \ldots 2s^2 2p^4$

(ক) আয়নিক (খ) সমযোজী (গ) সন্নিবেশ (ঘ) হাইড্রোজেন বন্ধন

http://pdfcorner.com

২। কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ; এটি অধাতব মৌলের সাথে কোন ধরনের যৌগ গঠন করতে সক্ষম?

$_6C \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$

(ক) আয়নিক (খ) সমযোজী (গ) সন্নিবেশ (ঘ) হাইড্রোজেন বন্ধন

৩। নিচের কার্বন গঠিত যৌগসমূহের মধ্যে কোন্ যৌগ পানিতে দ্রবণীয়?

(ক) $C_5H_{12}$ (খ) $CHCl_3$ (গ) $CCl_4$ (ঘ) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

৪। নিচের কোন্ যৌগ সবচেয়ে বেশি পোলার হবে?

(ক) $CCl_4$ (খ) $H_2O$ (গ) $H_2S$ (ঘ) HF

৫। নিচের কোন্ যৌগের অণুর মধ্যে H-বন্ধন ঘটবে?

(ক) $CCl_4$ (খ) $H_2S$ (গ) $H_2O$ (ঘ) HI

৬। নিচের কোন্ যৌগ অধিক ডাইপোল সৃষ্টি করে?

(ক) $CCl_4$ (খ) HF (গ) $H_2S$ (ঘ) $H_2O$

৭। নিচের কোন্ যৌগ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়?

(ক) NaCl (খ) $AlCl_3$ (গ) $CCl_4$ (ঘ) $SiO_2$

৮। ধনাত্মক আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতার ক্ষেত্রে নিচের কোন্‌টি সঠিক নয়?

(ক) $Be^{2+} > Mg^{2+}$ (খ) $Al^{3+} > Mg^{2+}$ (গ) $F^{3+} > Fe^{2+}$ (ঘ) $Ba^{2+} > Be^{2+}$

৯। কার্বন পরমাণুর $sp^3$ সংকরণ দ্বারা সৃষ্ট $CH_4$ অণুর গঠন কী রূপ হবে?

(ক) সরলরৈখিক ((খ) ত্রিভুজাকার (গ) চতুস্তলকীয় (ঘ) V-আকৃতির

১০। কার্বন পরমাণুর sp সংকরণ দ্বারা সৃষ্ট $C_2H_2$ অণুর গঠন কীরূপ হবে?

(ক) চতুস্তলকীয় (খ) ত্রিভুজাকার (গ) সরলরৈখিক (ঘ) পিরামিড আকৃতির

১১। কার্বন পরমাণুর $sp^2$ সংকরণ নিম্নের কোন কাঠামোর ক্ষেত্রে ঘটে?

(ক) $\rangle C-C\langle$ (খ) $\rangle C=C\langle$ (গ) $-C\equiv C-$ (ঘ) কোনটি নয়

১২। নিচের কোন্ যৌগে আয়নিক, সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন আছে?

(ক) NaOH (খ) $NH_3$ (গ) $NH_4Cl$ (ঘ) $[Co(NH_3)_6]^{3+}$

১৩। নিচের কোন বন্ধনটি সবচেয়ে বেশি পোলার হয়–

(ক) O-F (খ) H-F (গ) HCl (ঘ) O-H

১৪। বন্ধন দূরত্ব সবচেয়ে কম কোন অণুতে –

(ক) মিথেন (খ) ইথেন (গ) ইথিন (ঘ) ইথাইন

১৫। নিচের কোন্‌টি বিদ্যুৎ পরিবহন করে না–

(ক) গলিত NaOH (খ) গলিত KOH (গ) কঠিন NaCl (ঘ) NaCl (aq)

১৬। নিচের কোনটির বেলায় আকর্ষণ বল সবচেয়ে কম–

(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) ধাতব বন্ধন (ঘ) ভ্যানডার ওয়াল বল

১৭। হীরক, গ্রাফাইট ও ইথাইন অণু গঠনে C এর সংকরিত অবস্থা হল –

(ক) $sp^2$, sp, $sp^3$, (খ) sp, $sp^2$, $sp^3$ (গ) $sp^3$, $sp^2$, sp (ঘ) $sp^2$, $sp^3$, sp

http://pdfcorner.com

১৮। $HNO_2$ অণুতে নিচের কোন ধরণের রাসায়নিক বন্ধন নেই –
(ক) সমযোজী (খ) সন্নিবেশ (গ) আয়নিক ও সন্নিবেশ (ঘ) আয়নিক

১৯। $NH_3$ ও $BF_3$ অণুদ্বয় কোন্‌টির কারণে আবদ্ধ হয়ে থাকে –
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সন্নিবেশ বন্ধন, (গ) সমযোজী বন্ধন, (ঘ) H-বন্ধন

২০। $NH_4Cl$ অণুতে প্রাথমিক থেকে পর্যায়ক্রমে বন্ধনগুলো হল –
(ক) সমযোজী, সন্নিবেশ, আয়নিক; (খ) আয়নিক, সন্নিবেশ, সমযোজী
(গ) সন্নিবেশ, আয়নিক, সমযোজী; (ঘ) সমযোজী, আয়নিক, সন্নিবেশ

২১। কোন ধাতুর সাথে Cl' এর আয়নিক বন্ধন গঠনের বেলায় সৃষ্ট ধনাত্মক আয়নে অষ্টক নিয়ম ভঙ্গ হয়েছে?
(ক) s- ব্লক মৌল (খ) p- ব্লক মৌল (গ) অবস্থান্তর মৌল (ঘ) f ব্লক ধাতু

২২। কোন মৌলটি আয়নিক বন্ধন গঠন কালে সৃষ্ট ধনাত্মক আয়নে এর নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে না?
(ক) সোডিয়াম (খ) ম্যাগনেসিয়াম (গ) Al ধাতু (ঘ) Fe ধাতু

**খ– ১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। খ, ৩। ঘ, ৪। ঘ, ৫। গ, ৬। খ, ৭। খ, ৮। ঘ, ৯। গ, ১০। গ, ১১। খ, ১২। গ, ১৩। খ, ১৪। ঘ, ১৫। গ, ১৬। ঘ, ১৭। গ, ১৮। ঘ, ১৯। খ, ২০। ক, ২১। গ, ২২। ঘ।

**খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ) ঃ প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতাভিত্তিক ঃ**

১। $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$ : এক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগটি কিসে দ্রবণীয় হবে?
(i) পানিতে দ্রবণীয়, (ii) কেরোসিনে দ্রবণীয়, (iii) অ্যালকোহলে দ্রবণীয়,
সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii), (iii)

২। 'Z' নামক মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হল নিম্নরূপ ঃ
$Z \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$
মৌলটি কোন ব্লকভুক্ত মৌল ও এটির প্রকৃতি কীরূপ হবে?
(i) s-ব্লক ধাতু (ii) d- ব্লক ধাতু (iii) d-ব্লক অধাতু
সঠিক উত্তর কোনটি হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৩। 'Z' নামক মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হল নিম্নরূপ ঃ
$Z \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$
মৌলটি পরিবর্তনশীল যোজনীর অক্সাইড ও রঙিন যৌগ গঠন করলে এটি কীরূপ মৌল হবে?
(i) সক্রিয় ধাতু (ii) অবস্থান্তর ধাতু (iii) প্রতিনিধিত্ব মৌল
সঠিক উত্তর কোনটি হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) (ঘ) (i) ও (iii)



http://pdfcorner.com

৪। 'Z' নামক মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

$Z \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$

মৌলটি $ZCl_2$, $ZCl_3$ যৌগ গঠন করতে পারে। এটির যৌগের প্রকৃত সংকেত হবে–

(i) $FeCl_2$ (ii) $FeCl_3$ (iii) $CrCl_2$, $CrCl_3$

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (iii)

৫। সমযোজী বন্ধন গঠনে অষ্টক নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটে –

(i) Be ও B এর যৌগ গঠনে, (ii) ৩য় পর্যায়ভুক্ত অধাতব যৌগে, (iii) Xe এর যৌগে,

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন রয়েছে নিচের কোন্‌টির বেলায় –

(i) গ্রাফাইটে (ii) সব ধাতুতে (iii) বেনজিন বলয়ে

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (iii)

৭। $sp^3$ সংকরিত কেন্দ্রীয় পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের বেলায় –

(i) 4টি বন্ধন ইলেকট্রন থাকলে বিশুদ্ধ চতুস্তলকীয় গঠন হয়।

(ii) 3টি বন্ধন ও 1টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলে ত্রিকোণাকার পিরামিড গঠন হয়।

(iii) 2টি বন্ধন ও 1টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলে বিকৃত চতুস্তলকটি V আকৃতি হয়।

কোনটি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৮। ইলেকট্রন শেয়ারের মাধ্যমে বন্ধন গঠিত হয় –

(i) আয়নিক বন্ধন, (ii) সমযোজী বন্ধন (iii) সন্নিবেশ বন্ধন,

কোনটি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii), (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৯। আয়নিক যৌগের বেলায় প্রযোজ্য –

(i) উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, (ii) পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয়, (iii) কঠিন অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবাহী,

কোনটি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i, (ii) ও (iii)

১০। নিচের কোন্ যৌগ পোলার অণু গঠন করে?

(i) HF (ii) $H_2O$ (iii) HI

কোনটি সঠিক হবে

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) (ঘ) (i)

১১। সমযোজী অণু সমূহের মধ্যে রাসায়নিক বন্ধনের তুলনায় দুর্বল যে সব আকর্ষণ বল আছে, তা হল–

(i) H - বন্ধন, (ii) ডাইপোল – ডাইপোল আকর্ষণ, (iii) ভ্যানডার ওয়ালস্ বল,

কোনটি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

http://pdfcorner.com

১২। অষ্টক সম্প্রসারিত কিছু যৌগের বেলায় নিচের তথ্যগুলো লক্ষ্য কর ঃ

(i) $SF_4$ যৌগে S এর চারদিকে 10টি ইলেকট্রন, (ii) $SF_6$ যৌগে S এর চারদিকে 12টি ইলেকট্রন, (iii) $IF_7$ যৌগে 12টি ইলেকট্রন।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii), ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

**খ – ২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (খ) ৩। (গ) ৪। (ক) ৫। (ঘ) ৬। (ক) ৭। (গ) ৮। (খ) ৯। (ক) ১০। (ক) ১১। (খ) ১২। (ক)

**খ – ৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহু নির্বাচনি প্রশ্ন –**

১। আমরা জানি রাসায়নিক বন্ধন গঠনের ফলে –পরমাণু স্থান পরিবর্তন করে; পরমাণুর ধ্বংস ঘটে না।

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

উপরোক্ত তথ্য ব্যবহার করে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) সমীকরণ মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের অণুর সংখ্যার মান হবে কোনটি?

(ক) $2N_A : N_A : 2N_A$ (খ) $\frac{1}{2}N_A : N_A : N_A$ (গ) $N_A : \frac{1}{2}N_A : 2N_A$ (ঘ) $N_A : N_A : N_A$

(২) উৎপন্ন যৌগের বেলায় কোনটি প্রযোজ্য নয় –

(ক) পানিতে দ্রবণীয় (খ) কঠিন NaCl বিদ্যুৎপরিবাহী

(গ) অষ্টতলকীয় কেলাস (ঘ) সন্নিবেশ সংখ্যা 6:6

২। রাসায়নিক বন্ধনের ব্যাখ্যায় অষ্টক তত্ত্বের উন্নত সংস্করণ হল পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব। P ও $Cl_2$ এর ব্যাখ্যায় $PCl_3$ ও $PCl_5$ গঠিত হয়। $2P + 4Cl_2 \longrightarrow PCl_3 + PCl_5$

উপরোক্ত বিক্রিয়ার তথ্য ব্যবহার করে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) $PCl_3$ এর গঠনকালে কোন তত্ত্ব অনুসৃত হয়েছে :

(ক) অষ্টক তত্ত্ব (খ) অরবিটাল তত্ত্ব (গ) আণবিক অরবিটাল তত্ত্ব (ঘ) অরবিটাল সংকরণ তত্ত্ব

(২) $PCl_5$ এর গঠন কালে নিচের কোনটি সঠিক হবে–

(ক) অষ্টক সম্প্রসারণ (খ) 4টি সমযোজী ও 1টি সন্নিবেশ বন্ধন

(গ) $sp^3$ সংকরণ (ঘ) $sp^2$ সংকরণ

৩। সমযোজী বন্ধনের বিষম ভাঙ্গনে ইথেন থেকে মিথাইল কার্বানায়ন ও মিথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন তৈরি হয়।

$H_3C : CH_3 \longrightarrow H_3C: + {}^+CH_3$

উপরের উদ্দীপক মতে, নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) মিথাইল কার্বানায়নে কার্বনের যোজ্যতাস্তরে কয়টি ইলেকট্রন থাকে?

(ক) 6টি (খ) 4টি (গ) 7টি (ঘ) 6টি

(২) কার্বানায়নটির আকৃতি কীরূপ হবে?

(ক) ত্রিকোণীয় সমতলীয় (খ) চতুস্তলকীয় (গ) পিরামিডীয় (ঘ) V আকৃতির

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ক, (২) খ; ২। (১) ক, (২) ক; ৩।(১) খ, (২) গ।

http://pdfcorner.com

# ৭ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির রূপান্তর
## CHANGE OF ENERGY IN CHEMICAL REACTION

**বিষয়বস্তু ঃ**

- রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির পরিবর্তন;
- তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ও তাপহারী বিক্রিয়ার উদাহরণ;
- কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার এন্‌থালপি পরিবর্তন;
- শক্তির অবিনশ্বরতা; হেসের সূত্র;
- দহন তাপ, প্রশমন তাপ, বাষ্পীকরণ তাপ;
- সহজ পদ্ধতিতে বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপীয় পরিবর্তনের হিসাব;
- হেসের সূত্র প্রয়োগ করে সহজ শক্তি ছক (energy diagram) হতে এন্‌থালপি পরিবর্তনের হিসাব।

### ৭.১। ভূমিকা
**Introduction**

আমরা জানি, কোন পদার্থকে যেমন, কাঠ, গ্যাস, মোমবাতি, পেট্রোল প্রভৃতি পোড়ালে ভস্মীভূত হয়ে যায় এবং ছাই অবশিষ্ট থাকে। একখণ্ড লৌহকে বাইরে মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে তা বাতাসের জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় অর্থাৎ উক্ত লৌহ খণ্ডে মরিচা পড়ে। এরূপে প্রকৃতিতে প্রতিনিয়ত অসংখ্য পরিবর্তন সংঘটিত হচ্ছে কিংবা সংঘটিত করা হচ্ছে। এসব পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলা হয়।

### ৭.২। রাসায়নিক পরিবর্তন
**Chemical Change**

**সংজ্ঞা ঃ যে পরিবর্তনের ফলে কোন পদার্থের অণুসমূহের উপাদান ও অণুর গঠনপ্রকৃতির স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে এবং উক্ত পদার্থ নিজের ধর্ম হারিয়ে সম্পূর্ণ নতুন ধর্মবিশিষ্ট অন্য পদার্থে পরিবর্তিত হয়, তাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।** প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়। **প্রকৃতপক্ষে সব রাসায়নিক পরিবর্তনে** তাপ শক্তির পরিবর্তন ঘটে। এ সম্পর্কে পরে আলোচনা করা হবে।

**উদাহরণ ঃ**

১। প্রাকৃতিক গ্যাস পোড়ালে কার্বন ডাইঅক্সাইড, পানি ও তাপ উৎপন্ন হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসের উপাদানসমূহ (যেমন $CH_4$) অক্সিজেনে দাহ্য হয়ে একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া তথা রাসায়নিক পরিবর্তন সম্পাদন করে। এক্ষেত্রে নিম্নরূপ বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ঃ

$$CH_4\,(g) + 2O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g) + 2H_2O\,(l) + \text{তাপ}$$

২। লৌহ খণ্ডকে উন্মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে তা বাতাসের জলীয় বাষ্প ও অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে আর্দ্র বা সোদক ফেরিক অক্সাইড তথা মরিচায় পরিণত হয়ে যায়। এক্ষেত্রেও রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়েছে।

$$4Fe(s) + 3H_2O\,(l) + 3O_2\,(g) \longrightarrow \underset{\text{মরিচা}}{2Fe_2O_3.\,3H_2O\,(s)}$$

একটি বিষয় বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য যে, যখন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া সংঘটিত হবে, তাতে হয় তাপশক্তি শোষিত হবে, না হয় শক্তি বর্জিত হবে; অবশ্য এ শক্তি আলো বা অন্য কোন প্রকারেরও হতে পারে। তবে সব ক্ষেত্রে মোট শক্তির রূপান্তর স্থির থাকে।

http://pdfcorner.com

**রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার বেলায় শক্তির যে পরিবর্তন ঘটে, তা তাপগতিবিজ্ঞানের প্রথম সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ "শক্তি এক রূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হতে পারে; কিন্তু একে কখনো সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না।—একেই শক্তির নিত্যতা সূত্র বলা হয়।**

পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যেমন মিথেন গ্যাসের দহনে যে শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলা হয়। অভ্যন্তরীণ শক্তির উপর নির্ভর করে বিক্রিয়াকালে শক্তির শোষণ বা উদ্ভব ঘটতে পারে।

তাপের শোষণ বা বর্জনের উপর ভিত্তি করে রাসায়নিক পরিবর্তনকে দুভাগে ভাগ করা যায়— (i) তাপোৎপাদী পরিবর্তন বা বিক্রিয়া ও (ii) তাপহারী পরিবর্তন বা বিক্রিয়া।

## ৭.৩। তাপোৎপাদী বিক্রিয়া
### Exothermic Reaction

**সংজ্ঞা ঃ যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপশক্তির উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়, তাকে তাপোৎপাদী বিক্রিয়া বলে।**

**উদাহরণ–১।** 12g গ্রাফাইট কার্বন অক্সিজেনে পুড়ে 44g $CO_2$–এ পরিণত হয় এবং সে সময় 393.4 কিলোজুল (kJ) তাপ উৎপন্ন করে।

$$C\ (graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g);\quad \Delta H_{298K} = -393.4\ kJmol^{-1}$$

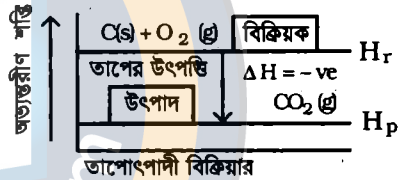
$$\underset{12g}{C\ (diamond)} + \underset{32g}{O_2\ (g)} \longrightarrow \underset{44g}{CO_2\ (g)};\quad \Delta H_{298K} = -395.3\ kJmol^{-1}$$

**তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) তাপোৎপাদী রাসায়নিক পরিবর্তনে উৎপাদের মোট এনথালপি ($H_p$) বিক্রিয়কের মোট এনথালপি ($H_r$) অপেক্ষা কম হয়।

(২) তাই তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় উভয় এনথালপির পার্থক্য ($\Delta H$) ঋণাত্মক ধরা হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে $\Delta H$ হল বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তন বা এন্থালপির পার্থক্য।

(৩) $\Delta H$ এর ঋণাত্মক মান দ্বারা তাপ উৎপাদন বোঝায়।



তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার এনথালপি চিত্র (diagram)

চিত্র ৭.১ ঃ তাপোৎপাদী বিক্রিয়া

## ৭.৪। তাপহারী বিক্রিয়া
### Endothermic Reaction

**সংজ্ঞা ঃ যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপশক্তির শোষণ এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পায়, তাকে তাপহারী বিক্রিয়া বলে।**

**উদাহরণ–১।** 100g বা 1 mol কঠিন $CaCO_3$ তাপ প্রয়োগে বিযোজিত হয়ে 1 mol কঠিন CaO ও 1 mol $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে এবং এ পরিবর্তনে 178 kJ তাপ শোষিত হয়।

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g);\quad \Delta H_{298k} = +178\ kJmol^{-1}$$

**উদাহরণ–২।** 2.016 g গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও 253.82 g কঠিন আয়োডিনের বিক্রিয়ায় 52 কিলোজুল (kJ) তাপ শোষিত হয়ে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

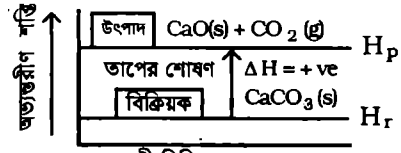
$$\underset{2.016g}{H_2(g)} + \underset{253.82\,g}{I_2(s)} \longrightarrow 2HI\ (g);\qquad \Delta H_{298K} = +52\ kJ$$

**তাপহারী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) তাপহারী রাসায়নিক পরিবর্তনে উৎপাদের মোট এনথালপি ($H_p$) বিক্রিয়কের মোট এনথালপি ($H_r$) অপেক্ষা বেশি হয়।

(২) তাই তাপহারী বিক্রিয়ায় উভয় এনথালপির পার্থক্য ($\Delta H$) ধনাত্মক ধরা হয়।

(৩) $\Delta H$ এর ধনাত্মক মান দ্বারা তাপ শোষণ বোঝায়।



তাপহারী বিক্রিয়ার এনথালপি চিত্র (diagram)

চিত্র ৭.২ ঃ তাপহারী বিক্রিয়া

http://pdfcorner.com

## ৭.৫। অভ্যন্তরীণ শক্তি
### Internal energy

**অভ্যন্তরীণ শক্তি ঃ** সব বস্তু শক্তি ধারণ করে; এ শক্তি অভ্যন্তরীণ স্থিতিশক্তি ও অভ্যন্তরীণ গতিশক্তি রূপে সঞ্চিত থাকে। কোন বস্তুতে সঞ্চিত উভয় প্রকার মোট শক্তিকে ঐ বস্তুর **অভ্যন্তরীণ শক্তি** বলে। একে U দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পদার্থের গঠন প্রকৃতি, চাপ ও তাপমাত্রার উপর এর অভ্যন্তরীণ শক্তি সম্পূর্ণরূপে নির্ভরশীল।

বস্তুতে অণু, পরমাণু, আয়ন প্রভৃতি একে অপরের সাপেক্ষে যে অবস্থান গ্রহণ করে তার উপর ঐ **বস্তুর অভ্যন্তরীণ স্থিতিশক্তি** নির্ভর করে। বন্ধন ভাঙন ও বন্ধন গড়ন প্রক্রিয়ায় স্থিতিশক্তির পরিবর্তন ঘটে। অপরদিকে বস্তুর অণু, পরমাণু, আয়ন প্রভৃতি বিভিন্ন কণার কম্পন, ঘূর্ণন ও স্থানান্তর গতির উপর **বস্তুর অভ্যন্তরীণ গতিশক্তি** নির্ভর করে। উল্লেখ্য, কোন বস্তু পারিপার্শ্বিক বস্তু থেকে তাপ শক্তি শোষণ করলে তার অভ্যন্তরীণ শক্তির মান বেড়ে যায়। যদি কোন বস্তু পারিপার্শ্বিক বস্তুতে শক্তি ছেড়ে দেয়; তবে ঐ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির মান কমে যায়। আবার কোন বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির প্রকৃত মান ( U ) কখনো মাপা যায় না; তবে বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনের পরিমাণ $\Delta U$ মাপা যায়।

কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কসমূহের অভ্যন্তরীণ শক্তি ($U_r$) উৎপন্ন পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি ($U_p$) অপেক্ষা ভিন্ন হয়ে থাকে। সুতরাং স্থির তাপমাত্রা ও স্থির আয়তনে কোন বিক্রিয়ার অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ($\Delta U$) নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়। $\Delta U = U_p - U_r$ [এখানে 'Δ' উচ্চারণ 'ডেল্টা', অর্থ = মাপনযোগ্য পরিবর্তন]

## ৭.৫.১। এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ
### Enthalpy or Heat Content

**এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ ঃ** কোন কঠিন বা তরল পদার্থকে উত্তপ্ত করলে এর আয়তন খুব বেশি বৃদ্ধি পায় না; তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু স্থির চাপে কোন গ্যাসকে উত্তপ্ত করলে এর তাপমাত্রার বৃদ্ধির সাথে এর আয়তনও অধিক বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রয়োগকৃত তাপশক্তির এক অংশ গ্যাসের **অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির জন্য** এবং অন্য অংশ এর **আয়তন বৃদ্ধির জন্য** ব্যয়িত হয়।

পরীক্ষাগারে সাধারণত অধিকাংশ বিক্রিয়া খোলা পাত্র যেমন বিকার, টেস্টটিউব ইত্যাদিতে ঘটানো হয়। তখন বিক্রিয়াগুলো স্থির বায়ুমণ্ডল চাপে ঘটে থাকে; তাই বিক্রিয়াগুলো **স্থির চাপে** ঘটছে ধরা যায়। কোন বিক্রিয়ায় গ্যাস উৎপন্ন হলে এর আয়তন বৃদ্ধি ঘটে বলে উৎপন্ন গ্যাসটিকে বায়ুমণ্ডল চাপের বিপরীতে কাজ করতে হয়। এজন্য শক্তি ব্যয়িত হয়। সুতরাং স্থির চাপে শোষিত তাপশক্তি ($q_p$) এর পরিমাণ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির বৃদ্ধি ($\Delta U$) এবং আয়তন বৃদ্ধিজনিত কাজ ($P \times \Delta V$) এর যোগফলের সমান হয়।

$$\therefore q_p = \Delta U + P \times \Delta V$$

সুতরাং কোন বস্তুকে উত্তপ্ত করলে এর অভ্যন্তরীণ শক্তির বৃদ্ধি ও ঐ বস্তু দ্বারা সম্পন্ন কাজ –এ উভয় রাশিকে একত্রে প্রকাশ করার জন্য তাপগতি বিজ্ঞানে **এন্‌থালপি** (enthalpy) নামক একটি রাশি ব্যবহৃত হয়, একে H প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ কোন বস্তুকে স্থির চাপে উত্তপ্ত করলে বস্তু দ্বারা শোষিত তাপের মান বস্তুটির এন্‌থালপি পরিবর্তন ($\Delta H$) এর সমান হয়। $\therefore q_p = \Delta U + P \times \Delta V = \Delta H$

$$\therefore \Delta H = \Delta U + P \times \Delta V$$

যদি তাপ শোষণকালে বস্তুর **আয়তনের কোন পরিবর্তন না ঘটে;** অর্থাৎ $\Delta V = 0$ হয়, তবে $\Delta H = \Delta U$ হয়। যেমন কঠিন বস্তুর বেলায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর $\Delta V$ এর মান খুব বেশি হয় না। তখন $\Delta H$ এবং $\Delta U$ এর মান প্রায় সমান ধরা যায়।

উল্লেখ্য গ্রিক শব্দ enthalpein অর্থাৎ 'to warm in' থেকে এন্‌থালপি শব্দের উৎপত্তি হয়েছে। এন্‌থালপিকে ধৃত তাপও বলা হয়। **এন্‌থালপির সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ**

**সংজ্ঞা ঃ স্থির চাপে কোন সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (U) এর সাথে সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের গুণফল ($P \times V$) শক্তি যোগ করলে যে মোট শক্তি হয়, তাকে সিস্টেমের এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ বলে। এন্‌থালপিকে 'H' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।** অর্থাৎ—

http://pdfcorner.com

$H = U + P \times V$ ; যেখানে, P = সিস্টেমের চাপ
V = সিস্টেমের আয়তন

এন্থালপি একটি তাপগতীয় অপেক্ষক বা অবস্থানির্ভর রাশি অর্থাৎ এর মান বস্তুর ভৌত অবস্থা, তাপমাত্রা ও চাপের মানের উপর নির্ভর করে; কিন্তু এর মান পরিবর্তনের ধারা বা পথের উপর নির্ভর করে না। প্রকৃতপক্ষে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তনকে **$\Delta H$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।**

আধুনিক রীতি অনুযায়ী **বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হলে, $\Delta H$ ঋণাত্মক; বিক্রিয়ায় তাপ শোষিত হলে $\Delta H$ ধনাত্মক।**

## ৭.৫.২ বিক্রিয়ার তাপ বা এনথালপি পরিবর্তন
### Enthalpy Change in a Reaction

**বিক্রিয়া তাপ বা এনথালপি ঃ** কোন বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে বিক্রিয়কসমূহের সংখ্যানুপাতিক মোল পরিমাণে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণকে **বিক্রিয়া তাপ বা এনথালপি** বলা হয়। যেহেতু প্রায় সব বিক্রিয়া স্থির চাপে ঘটে, তাই বিক্রিয়া এনথালপির পরিবর্তন ($\Delta H$) বিক্রিয়া তাপের সমান। যেমন,

$$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g) \qquad \Delta H = -184\ kJ$$

সুতরাং এক্ষেত্রে বিক্রিয়া তাপ হল $-184$ kJ। আবার স্থির আয়তনের বেলায় $\Delta H = \Delta U$; অর্থাৎ বিক্রিয়ার অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ($\Delta U$) এর মান এবং স্থির আয়তনে বিক্রিয়া তাপ ($\Delta H$) এর মান সমান হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে **বিক্রিয়ার এনথালপি পরিবর্তন সমান বিক্রিয়ার অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন।**

**(ক) বিভিন্ন অবস্থায় সংঘটিত বিক্রিয়াতাপ**

তাপ–রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো মূলত দুটি নির্দিষ্ট অবস্থার অধীনে ঘটানো হয়; যেমন – (i) স্থির চাপে ও (ii) স্থির আয়তনে। উভয় অবস্থায় সংঘটিত বিক্রিয়ার বেলায় বিক্রিয়া তাপ গণনার জন্য অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ($\Delta U$) ও এনথালপির পরিবর্তন ($\Delta H$)–এ দুটি অপেক্ষক বা অবস্থানির্ভর রাশি ব্যবহৃত হয়।

স্থির চাপে পরীক্ষাগারে সংঘটিত বিক্রিয়ার তাপ পরিবর্তনের ক্ষেত্রে এন্থালপি ($\Delta H$) রাশি ব্যবহৃত হয়। তখন $\Delta H = \Delta U + P \times \Delta V$ সম্পর্ক গণনায় থাকে।

স্থির আয়তনে পরীক্ষাগারে সংঘটিত বিক্রিয়ার তাপ পরিবর্তনের ক্ষেত্রে উপরোক্ত সমীকরণে $\Delta V = 0$ ধরে $\Delta H = \Delta U$ হয়।

**সমস্যা ঃ প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান।**

মনে করি, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসে $q_p$ পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা হল। শোষিত তাপ $q_p$ এর পরিমাণ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি ($\Delta U$) এবং গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি জনিত কাজ ($P \times \Delta V$) এর যোগফলের সমান হয়। $\therefore q_p = \Delta U + P \times \Delta V$

আবার স্থির চাপে সংঘটিত কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়কসমূহের এনথালপি $H_r$ এবং উৎপাদসমূহের এনথালপি $H_p$ হলে, তবে বিক্রিয়াকালে এন্থালপি পরিবর্তন $\Delta H$ নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় ঃ

$\Delta H = H_p - H_r$ = বিক্রিয়ায় শোষিত মোট তাপ (স্থির চাপ ও তাপমাত্রায়)

$\therefore \Delta H = (U_p + P \times V_p) - (U_r + P \times V_r)$ এক্ষেত্রে, $H_p = U_p + P \times V_p$

$\Delta H = (U_p - U_r) + P(V_p - V_r)$ $H_r = U_r + P \times V_r$

$\Delta H = \Delta U + (P \times \Delta V) = q_p$ এখানে, $q_p$ = স্থিরচাপে শোষিত তাপশক্তি।

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, **স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান প্রমাণিত।**

**(খ) এনথালপি পরিবর্তন ($\Delta H$) এর তাৎপর্য**

সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তন ও শোষিত তাপশক্তির সম্পর্ক মতে, $\Delta H = \Delta U + (P \times \Delta V)$

(১) যখন $\Delta H = \Delta U$ হয়; তখন $P \times \Delta V = 0$ হতে হয় অর্থাৎ $\Delta V = 0$ হয়। এটা সম্ভব হয়, যদি আবদ্ধ পাত্রে বিক্রিয়া ঘটে এবং আয়তনের পরিবর্তন না ঘটে। তখন—

(i) বিক্রিয়ক ও উৎপাদ কঠিন ও তরল হয়, আয়তনের পরিবর্তন নগণ্য হয়।
(ii) গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান থাকে।

http://pdfcorner.com

(২) যখন $\Delta H > \Delta U$ হয়; তখন $\Delta V$ = ধনাত্মক মান হয়। এ অবস্থায় গ্যাসীয় বিক্রিয়া ঘটে এবং উৎপাদের মোল সংখ্যা বিক্রিয়কের মোল সংখ্যার চেয়ে বেশি হয়। যেমন, $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

(৩) যখন $\Delta H < \Delta U$ হয়; তখন $\Delta V$ = ঋণাত্মক মান হয়। এ অবস্থায় গ্যাসীয় বিক্রিয়া ঘটে এবং উৎপাদের মোল সংখ্যা বিক্রিয়কের মোল সংখ্যার চেয়ে কম হয়। যেমন, $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

(৪) আবার বিক্রিয়ায় তাপের উৎস মতে, $\Delta H = H_p - Hr$; এখানে $H_p$ হল উৎপাদের এনথালপি এবং Hr হল বিক্রিয়কের এনথালপি।

সুতরাং (i) যখন উৎপাদের এনথালপির মান বিক্রিয়কের এনথালপির মানের চেয়ে কম হয় অর্থাৎ $H_p < Hr$; তখন বিক্রিয়ার এনথালপির মান $\Delta H = -Ve$ বা ঋণাত্মক হয় এবং বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী হয়।

(ii) যখন উৎপাদের এনথালপির মান বিক্রিয়কের এনথালপির মানের চেয়ে বেশী হয় অর্থাৎ $H_p > Hr$; তখন বিক্রিয়ার এনথালপির মান $\Delta H = +Ve$ বা ধনাত্মক হয় এবং বিক্রিয়াটি তপহারী হয়।

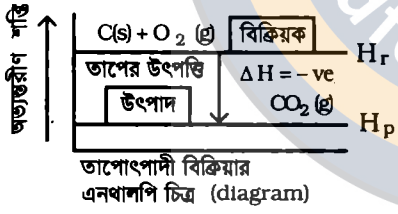
অধিকাংশ বিক্রিয়া খোলা পাত্রে স্থির (1atm) চাপে সংঘটিত হয়। যেহেতু $\Delta U$ এর সম্পর্ক **স্থির তাপমাত্রা ও স্থির আয়তন সম্পর্কীয়** প্রক্রিয়া; তাই স্থির চাপে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন অর্থাৎ $\Delta H$ এর গুরুত্ব $\Delta U$ অপেক্ষা বেশি। তাই বিক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনের পরিবর্তে বিক্রিয়ার এন্থালপি পরিবর্তন উল্লেখ করা হয়।

## ৭.৬। বিক্রিয়ায় তাপের উৎস

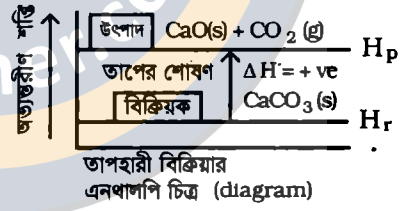
### Source of Heat in Reactions

আমরা জানি, সব বস্তুতে কোন না কোনভাবে শক্তি নিহিত আছে। যে কোন বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করা প্রায় অসাধ্য হলেও একটি বস্তু যখন অন্য বস্তুর সাথে পারস্পরিক ক্রিয়া বা মিথস্ক্রিয়া করে অথবা কোন বস্তুর নিজের মধ্যে কোন পরিবর্তন সাধিত হয়, তখন শক্তির যে পরিবর্তন হয়, তা মাপা সহজ।

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যখন বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি অপেক্ষা উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি কম হয়, তখন তাপশক্তি নির্গত বা উৎপাদিত হবে। এরূপ বিক্রিয়াকে **তাপোৎপাদী বিক্রিয়া** বলে। তখন $\Delta H$ এর মান ঋণাত্মক হবে।




চিত্র ৭.৩ ঃ তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার এনথালপি চিত্র




চিত্র ৭.৪ ঃ তাপহারী বিক্রিয়ার এনথালপি চিত্র

আর যখন বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি অপেক্ষা উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি বেশি হয়, তখন তাতে তাপ শক্তি শোষিত হবে। এরূপ বিক্রিয়াকে **তাপহারী বিক্রিয়া** বলে। তখন $\Delta H$ এর মান ধনাত্মক হবে। যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় **অভ্যন্তরীণ শক্তি ও তাপ শক্তির মধ্যে রূপান্তর ঘটে**; তাই প্রায় সব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপশক্তির পরিবর্তন ঘটে। অর্থাৎ **সকল রাসায়নিক পরিবর্তনই তাপীয় পরিবর্তনের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।**

| | |
|---|---|
| **বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি > উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি** | **→ তাপোৎপাদী বিক্রিয়া** |
| **বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি < উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি** | **→ তাপহারী বিক্রিয়া** |

## ৭.৭। তাপ পরিবর্তনের এককসমূহ

### Units of Heat Change

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপশক্তির পরিবর্তন মাপার একক হিসেবে 'কিলোক্যালরি' ব্যবহৃত হয়। একে kcal সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1kg পানির তাপমাত্রা 1°C বাড়াতে যে পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করতে হয়, তাকে **এক কিলোক্যালরি** (1 kcal) বলা হয়।

http://pdfcorner.com

তবে আধুনিককালে সব ধরনের শক্তির আন্তর্জাতিক একক হিসেবে **জুল** (Joule) ব্যবহৃত হচ্ছে। **১ ভোল্ট বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্যে ১ কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে যে পরিমাণ তাপ শক্তি উৎপন্ন হয়, তাকে ১ জুল বলা হয়।** রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তনের পরিমাণকে কিলোজুল এককে প্রকাশ করা হয় এবং এর প্রতীক হচ্ছে kJ।

জুল ও ক্যালরির পারস্পরিক সম্পর্ক হচ্ছে 1 cal = 4.184 Joule।

## ৭.৮। তাপ রাসায়নিক সমীকরণ লেখার প্রচলিত রীতি
### Usual Convention for Writing Thermochemical Equations

**(ক) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তনের মান, $\Delta H$ সাধারণত বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থার উপর নির্ভর করে। তাই বিক্রিয়া সংক্রান্ত তথ্যাবলি সঠিকভাবে প্রকাশের লক্ষ্যে **তাপ রাসায়নিক সমীকরণ লিখতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা নির্দেশ করা অত্যাবশ্যক।** যেমন বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা কঠিন, তরল, গ্যাসীয় কিংবা বাষ্পীয় অবস্থা হলে ব্রাকেটযুক্ত অবস্থায় যথাক্রমে s, *l*, g কিংবা vap. দ্বারা পদার্থের প্রতীক বা সংকেতের ডানপার্শ্বে লেখা হয়। কোন পদার্থ লঘু জলীয় দ্রবণে থাকলে তার সংকেতের পাশে (aq) ব্যবহার করা হয়। উদাহরণস্বরূপ হাইড্রোজেনের দহন এবং কার্বনের দহন বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে লেখা হয়। যেমন,

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l); \qquad \Delta H = -286 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g); \qquad \Delta H = -393.5 \text{ kJmol}^{-1}$$

কিংবা হাইড্রোক্লোরিক এসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের প্রশমন বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l); \qquad \Delta H = -57.34 \text{ kJ}$$

**(খ) প্রমাণ বিক্রিয়া তাপ বা এন্থালপি ঃ** তাপগতি বিজ্ঞানে কোন বস্তুর প্রমাণ অবস্থা বলতে 298 K তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে সে বস্তুটির অধিকতর স্থায়ী ভৌত অবস্থাকে বোঝায়। বিভিন্ন বিক্রিয়ার বেলায় এন্থালপি পরিবর্তনের তুলনামূলক সম্পর্কের জন্য সবক্ষেত্রে প্রমাণ অবস্থায় যেমন তাপমাত্রা 25°C বা, 298 K এবং চাপমাত্রা 1atm এককে বিক্রিয়ার এনথালপি পরিবর্তন নির্ণয় করা হয়।

**প্রমাণ অবস্থায় ( অর্থাৎ 298 K এবং 1atm চাপে ) একটি বিক্রিয়ার তাপের পরিবর্তনকে প্রমাণ বিক্রিয়া তাপ বা এন্থালপি বলা হয়।** প্রমাণ বিক্রিয়া তাপকে $\Delta H^\circ_{298k}$ বা, $\Delta H^\circ$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন,

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g); \qquad \Delta H^\circ_{298k} = -393.5 \text{ kJmol}^{-1}$$

তাপ রাসায়নিক সমীকরণে ব্যবহৃত সাংকেতিক চিহ্নসমূহ ঃ

(১) **ভৌত অবস্থা ঃ** কঠিন পদার্থকে (s), তরলর পদার্থকে (*l*), গ্যাসীয় পদার্থকে (g), জলীয় দ্রবণকে (aq) বাষ্পকে (vap) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

(২) **এন্থালপির পরিবর্তন ঃ** তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় $\Delta H$ = – (ঋণাত্মক),
তাপহারী বিক্রিয়ায় $\Delta H$ = + (ধনাত্মক)।

(৩) **প্রমাণ অবস্থা ঃ** তাপমাত্রা 25°C বা, 298 K, চাপ এক বায়ুমণ্ডল (1atm) বা, $10^2$kPa

## ৭.৯। বিভিন্ন প্রকার এন্থালপি পরিবর্তন
### Different Types of Enthalpy Change

যে সব প্রক্রিয়ায় তাপের শোষণ বা উদ্ভব ঘটে, সে সব ক্ষেত্রে এন্থালপির পরিবর্তন ঘটে। এরূপ কয়েক প্রকার এন্থালপি পরিবর্তনের সংজ্ঞা নিম্নে দেয়া হল।



http://pdfcorner.com

**(১) ঊর্ধ্বপাতন এন্থালপি (Enthalpy of Sublimation) :** এক মোল পরিমাণ কঠিন পদার্থ যে তাপ শোষণ করে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়, তাকে ঊর্ধ্বপাতন এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$C\ (graphite) \longrightarrow C\ (g) \qquad \Delta H^\circ = +\ 717.02\ kJmol^{-1}$$
$$K\ (s) \longrightarrow K\ (g) \qquad \Delta H^\circ = +\ 90\ .0\ kJmol^{-1}$$

**(২) পরমাণুকরণ এন্থালপি (Atomization Enthalpy) :** এক মোল পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় পরমাণুতে পরিণত করতে যে তাপ শোষণ করে, তাকে পরমাণুকরণ এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$\frac{1}{2}Cl_2\ (g) \longrightarrow Cl\ (g) \qquad \Delta H^\circ = +\ 121\ kJmol^{-1}$$

লক্ষণীয় এক্ষেত্রে প্রতি মোল ক্লোরিন পরমাণুকে বোঝায়; প্রতি মোল ক্লোরিন অণু নয়।

**(৩) বাষ্পীয়করণ এন্থালপি (Enthalpy of Vaporization) :** এক মোল তরল পদার্থ এর স্ফুটনাঙ্কে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে বাষ্পে পরিণত হয়, তাকে ঐ পদার্থের বাষ্পীকরণ এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$H_2O\ (l) \longrightarrow H_2O(vap) \qquad \Delta H^\circ = +\ 41\ kJmol^{-1}$$

**(৪) গলন এন্থালপি (Enthalpy of Fusion) :** এক মোল কঠিন পদার্থ এর গলনাঙ্কে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়, তাকে গলন এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$H_2O\ (s) \longrightarrow H_2O\ (l) \qquad \Delta H^\circ = +\ 6\ kJmol^{-1}$$

**(৫) আয়নীকরণ এন্থালপি (Ionization Enthalpy) :** গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল পরমাণুকে সম্পূর্ণ রূপে একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে, তাকে প্রথম আয়নীকরণ এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$Na\ (g) \longrightarrow Na^+(g) + e^- \qquad \Delta H^\circ = +\ 494\ kJmol^{-1}$$

**(৬) ইলেকট্রন আসক্তি (Electron Affinity) :** এক মোল চার্জ নিরপেক্ষ গ্যাসীয় পরমাণু এক মোল ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে এক মোল ঋণাত্মক চার্জযুক্ত গ্যাসীয় আয়ন সৃষ্টি করতে যে পরিমাণ তাপ নির্গত হয়, তাকে ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়। এটা হল তাপোৎপাদী প্রক্রিয়া। যেমন,

$$Cl\ (g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g) \qquad \Delta H^\circ = -\ 348\ kJmol^{-1}$$

**(৭) ল্যাটিস এন্থালপি (Lattice Enthaply) :** পরস্পর হতে অসীম দূরত্বে অবস্থিত প্রয়োজনীয় সংখ্যক গ্যাসীয় ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নসমূহকে একত্রিত করে কোন যৌগের এক মোল পরিমাণ কঠিন কেলাস তৈরির সময় যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সে যৌগের ল্যাটিস শক্তি বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায়, গ্যাসীয় অবস্থায় বিচ্ছিন্ন উপাদান আয়ন থেকে এক মোল আয়নিক কেলাস গঠন করতে যে পরিমাণ তাপ নির্গত হয়, তাকে ল্যাটিস এন্থালপি বলা হয়। যেমন,

$$K^+(g) + Cl^-\ (g) \longrightarrow K^+Cl^-\ (s) \qquad \Delta H^\circ = -\ 760\ kJmol^{-1}$$

আবার রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে যেমন বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়, তেমনি বিক্রিয়ার পরিবর্তনের ধরন অনুসারে তাপ পরিবর্তনকেও বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন, সংগঠন তাপ, দ্রবণ তাপ, দহন তাপ, প্রশমন তাপ ইত্যাদি।

## ৭.১০। তাপ রাসায়নিক সূত্রাবলি
### Thermochemical Laws

তাপগতি বিজ্ঞানের প্রথম সূত্র যেমন– শক্তির নিত্যতা সূত্রের উপর ভিত্তি করে তাপ রসায়নে বিক্রিয়া এনথালপির পরিবর্তন ধারা ব্যাখ্যার জন্য দুটি সূত্র আছে। এ দুটি সূত্রকে তাপ রাসায়নিক সূত্র বলা হয়। যেমন–

(১) ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্র (Lavoisier & Laplace's Law)

(২) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র (Hess's Law of constant heat summation)

http://pdfcorner.com

**(১) ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্র ঃ** 1780 খ্রিস্টাব্দে প্রকাশিত ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ

"কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে ঐ বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে সংঘটিত হলেও ঐ একই পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে থাকে, তবে চিহ্ন বিপরীত হয়।" অর্থাৎ কোন একটি যৌগকে তার উপাদান থেকে তৈরি করতে যে পরিমাণ তাপশক্তি নির্গত হয়, ঐ যৌগটিকে তার উপাদানে বিযোজিত করতে একই পরিমাণ তাপশক্তি শোষিত হয়। যেমন,

$$Cu\,(s) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \longrightarrow CuO\,(s); \qquad \Delta H = -157\ kJmol^{-1}$$

এক্ষেত্রে 1 মোল কপার ধাতু $\frac{1}{2}$ মোল (mole) অক্সিজেন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে 1 মোল (mole) কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) গঠনকালে 157 kJ তাপশক্তি নির্গত হয়। এর বিপরীত বিক্রিয়াটি হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$CuO\,(s) \xrightarrow{\Delta} Cu\,(s) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \qquad \Delta H = +157\ kJmol^{-1}$$

এক্ষেত্রে পূর্বের বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে সংঘটিত হওয়ায় 157 kJ তাপশক্তি শোষিত হয়েছে।

উপরিউক্ত উভয় বিক্রিয়ার তাপশক্তির পরিবর্তনের প্রকারভেদের ব্যাখ্যা স্বরূপ বলা হয় যে, প্রথম বিক্রিয়ায় CuO অণু গঠনকালে Cu পরমাণু এবং O পরমাণুর মধ্যে নতুন বন্ধন সৃষ্টি হয়েছে। বন্ধন গঠন প্রক্রিয়াটি তাপোৎপাদী প্রক্রিয়া, তাই $\Delta H$ এর মান ঋণাত্মক হয়েছে। দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় CuO অণুর বন্ধন বিযোজন ঘটেছে। বন্ধন বিযোজন প্রক্রিয়াটি তাপহারী প্রক্রিয়া, তাই $\Delta H$ এর মান ধনাত্মক হয়েছে। একই অণুর বন্ধন গঠন ও বন্ধন বিযোজন শক্তির পরিমাণ সমান হওয়ায় প্রতিক্ষেত্রে তাপের পরিমাণ 157 kJ হয়েছে।

**(২) হেসের সূত্র (Hess's Law) ঃ** বহু বছরের নিরলস গবেষণার ফসল হিসেবে 1840 খ্রিস্টাব্দে রুশ বিজ্ঞানী জি. এইচ. হেস (G.H.Hess) তাপ রসায়নের একটি গুরুত্বপূর্ণ সূত্র আবিষ্কার করেন। তাঁর আবিষ্কৃত এ সূত্রটি **হেসের তাপ সমষ্টির নিত্যতার সূত্র বা ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র** নামে পরিচিত। **হেসের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**"যদি কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থা স্থির বা একই থাকে তবে সে বিক্রিয়া এক বা একাধিক ধাপে সংঘটিত হোক না কেন প্রতিক্ষেত্রেই বিক্রিয়া এনথালপি বা বিক্রিয়া তাপ সমান থাকবে।"** অর্থাৎ বিক্রিয়া এনথালপির মান বিক্রিয়া কীভাবে ঘটানো হল তার উপর নির্ভর করে না; তবে বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থার উপর নির্ভর করে।

**ব্যাখ্যা ঃ** ধরা যাক, কোন বিক্রিয়ক, A নিম্নলিখিত দুটি ভিন্ন পথে বা ধারায় উৎপাদ, C তে রূপান্তরিত হয়।

(i) $A \xrightarrow{\Delta H_1} C$ (এক ধাপ)

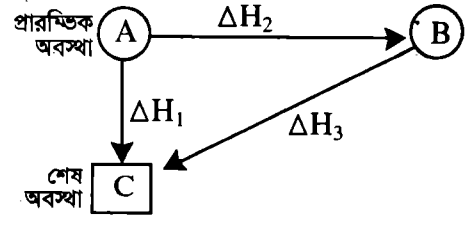
(ii) $A \xrightarrow{\Delta H_2} B \xrightarrow{\Delta H_3} C$ (দুই ধাপ)

চিত্রমতে, (১ম ধারা), $\Delta H = \Delta H_1$

এবং (২য় ধারা), $\Delta H = \Delta H_2 + \Delta H_3$

হেসের সূত্র মতে ১ম ধারা = ২য় ধারা;

$\therefore \quad \Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$




চিত্র ৭.৫ ঃ চিত্রের সাহায্যে হেসের সূত্রের ব্যাখ্যা।

**উদাহরণ ঃ** কার্বন থেকে $CO_2$ নিম্নোক্ত দুই পথে বা ধাপে প্রস্তুত করা যায়।

(i) প্রথমত অধিক অক্সিজেনে কার্বনকে পোড়ালে তখন $CO_2$ গ্যাসসহ 393.5 kJ তাপ উৎপন্ন হয়।

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -393.5\ kJ$$

http://pdfcorner.com

(ii) দ্বিতীয়ত কার্বনকে প্রথমে অল্প অক্সিজেনে উত্তপ্ত করলে CO গ্যাস উৎপন্ন হয়। শেষে ঐ CO গ্যাসকে অধিক অক্সিজেনে পোড়ালে তা $CO_2$ গ্যাসে পরিণত হয়। উভয় বিক্রিয়া তাপোৎপাদী। যেমন ঃ

$$C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g) \quad \Delta H_2 = -110.5\ kJ$$

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_3 = -283.0\ kJ$$

যোগ করে, $C(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_1 = -393.5\ kJ$

সুতরাং দ্বিতীয় ধাপে সংঘটিত উভয় বিক্রিয়ার মোট বিক্রিয়া এনথালপি $\Delta H_1 = -393.5kJ$ যা প্রথম ধাপে সরাসরি উৎপন্ন $CO_2$ এর বেলায় বিক্রিয়া এনথাল্‌পি $\Delta H_1$ এর মানের সমান। উভয় ধাপে বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক অবস্থায় বিক্রিয়ক হল C এবং $O_2$ গ্যাস এবং শেষ অবস্থায় উৎপাদ হল $CO_2$ গ্যাস। বিক্রিয়া তাপ হল,

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$
$$-393.5kJ = (-110.5 - 283.0)\ kJ$$
$$= -393.5kJ$$

সুতরাং এ উদাহরণ দ্বারা হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র গাণিতিকভাবে প্রমাণিত হল।

## ৭.১০.১। হেসের সূত্রের প্রয়োগ
### Application of Hess's law

হেসের সূত্রের বহুবিধ প্রয়োগ আছে। হেসের সূত্রের বৈশিষ্ট্য হচ্ছে—

(ক) বীজগণিতীয় সমীকরণের ন্যায় তাপ রাসায়নিক সমীকরণের ক্ষেত্রেও যোগ, বিয়োগ, গুণ প্রভৃতি সাধারণ প্রক্রিয়াসমূহ প্রয়োগ করা যায়।

(খ) বিক্রিয়ার ধীরগতি বা অসম্পূর্ণতার জন্য যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার এনথালপি পরীক্ষার মাধ্যমে সরাসরি নির্ণয় করা যায় না, তাদের ক্ষেত্রেও হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে বিক্রিয়া এনথালপি নির্ণয় করা যায়।

**হেসের সূত্রের কিছু প্রয়োগ**

**(i) বিক্রিয়ার তাপ নির্ণয় ঃ** যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা যায় না, হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে সেসব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করা যায়।

**উদাহরণ–১।** কার্বনকে অক্সিজেনে পোড়ায়ে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করলে যে তাপের পরিবর্তন হয় তা পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা খুবই কষ্টসাধ্য ব্যাপার।

কিন্তু কার্বনকে অধিক অক্সিজেনে পুড়িয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইডে পরিণত করলে যে তাপ উৎপন্ন হয় তার মান সর্বদা সমান থাকে, অর্থাৎ উক্ত মান সর্বদা $-393.5\ kJmol^{-1}$

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g); \qquad \Delta H = -393.5\ kJmol^{-1}$$

হেসের সূত্রানুযায়ী এ বিক্রিয়া দুধাপে সংঘটিত করা যেতে পারে,

(i) $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g); \qquad \Delta H_1 = x\ kJmol^{-1}$ (ধরা যাক)

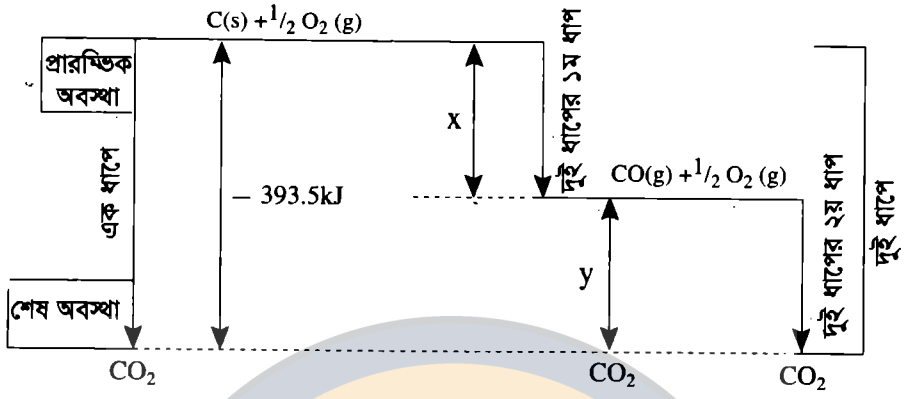
(ii) $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g); \qquad \Delta H_2 = y\ kJmol^{-1}$

অতএব, $\Delta H = (x + y)$

বা, $-393.5 = (x + y)$

http://pdfcorner.com

এন্থালপি চিত্রের সাহায্যেও একে নিম্নরূপে প্রদর্শন করা যায়,




যদিও সহজে কার্বন থেকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিবর্তনের ফলে উৎপন্ন তাপ, x নির্ণয় করা যায় না; তবে কার্বন মনোক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $CO_2$ এর ক্ষেত্রে সৃষ্ট তাপ, y -এর মান পরীক্ষা করে পাওয়া যায়, $-283\ kJmol^{-1}$

$\therefore x = -393.5 - y$
$= -393.5 - (-283)$
$= -110.5$
$\therefore x = -110.5\ kJmol^{-1}$

অতএব, কার্বন হতে কার্বন মনোক্সাইড উৎপাদনকালে $-110.5\ kJmol^{-1}$ তাপ উৎপন্ন হয়।

**(ii) ধীরগতি বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তন নির্ণয় ঃ** যে সব বিক্রিয়া অতি ধীরগতিতে সংঘটিত হয় তাদের তাপ পরিবর্তনের মান হেসের সূত্র প্রয়োগ করে হিসাব করা যায়।

**উদাহরণ ঃ** রম্বিক সালফার থেকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিবর্তন এত ধীরে সংঘটিত হয় যে, এক্ষেত্রে তাপ পরিবর্তনের মান পরীক্ষাগারে সরাসরি নির্ণয় করা অসম্ভব; কিন্তু হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে তা সহজেই হিসাব করা যায়। রম্বিক সালফার ও মনোক্লিনিক সালফারের দহন তাপ যথাক্রমে $-296.79\ kJmol^{-1}$ ও $-297.08\ kJmol^{-1}$

(i) S (রম্বিক) $+ O_2$ (g) $\longrightarrow SO_2$ (g); $\Delta H = -296.79\ kJmol^{-1}$

(ii) S (মনোক্লিনিক) $+ O_2$ (g) $\longrightarrow SO_2$ (g); $\Delta H = -297.08\ kJmol^{-1}$

(i) হতে (ii) বিয়োগ করে পাওয়া যায় ঃ S(রম্বিক) $\longrightarrow$ S (মনোক্লিনিক) $\Delta H = +0.29\ kJmol^{-1}$

সুতরাং রম্বিক সালফারকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিণত করতে $+0.29\ kJmol^{-1}$ তাপ শোষিত হবে।

**উদাহরণ ১। গ্রাফাইট কার্বনকে ডায়মন্ড কার্বনে বা হীরকে রূপান্তর করতে এনথালপি পরিবর্তন কত হবে প্রদত্ত তথ্যের সাহায্যে তা হিসাব কর।**

(ক) C (গ্রাফাইট) $+ O_2$(g) $\longrightarrow$ $CO_2$ (g); $\Delta H^\circ_c = -393{\cdot}4\ kJmol^{-1}$

(খ) C (ডায়মন্ড) $+ O_2$ (g) $\longrightarrow$ $CO_2$ (g); $\Delta H^\circ_c = -395.3\ kJmol^{-1}$

**সমাধান ঃ**

দেওয়া আছে, (i) C (গ্রাফাইট) $+ O_2$(g) $\longrightarrow$ $CO_2$(g); $\Delta H^\circ_c = -393.4\ kJmol^{-1}$

(ii) C (ডায়মন্ড ) $+ O_2$(g) $\longrightarrow$ $CO_2$ (g); $\Delta H^\circ_c = -395.3\ kJmol^{-1}$

(i) হতে (ii) বিয়োগ করে পাওয়া যায় ঃ

C (গ্রাফাইট) $\longrightarrow$ C (ডায়মন্ড); $\Delta H^\circ = [-393.4 - (-395.3)] = +1.9\ kJmol^{-1}$

$\therefore$ গ্রাফাইট কার্বনকে ডায়মন্ড কার্বনে রূপান্তর করতে এন্থালপি পরিবর্তন $+1.9\ kJmol^{-1}$ অর্থাৎ এ রূপান্তরে $1.9\ kJmol^{-1}$ তাপ শোষিত হবে। **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২। 25°C. তাপমাত্রায় নিম্নে প্রদত্ত তথ্য হতে $PCl_5$ (s) এর সংশ্লেষণ তাপ নির্ণয় কর।**

(i) $2P(s) + 3Cl_2(g) \longrightarrow 2PCl_3(l)$; $\Delta H° = -634.94$ kJ

(ii) $PCl_3(l) + Cl_2(g) \longrightarrow PCl_5(s)$; $\Delta H° = -137.94$ kJmol$^{-1}$

**সমাধান ঃ** প্রদত্ত প্রথম সমীকরণকে 2 দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$P(s) + \frac{3}{2}Cl_2(g) \longrightarrow PCl_3(l)$; $\Delta H° = -317.47$ kJmol$^{-1}$

এখন এ সমীকরণ এর সাথে প্রদত্ত (ii) নং সমীকরণ যোগ করে,

$P(s) + \frac{3}{2}Cl_2(g) \longrightarrow PCl_3(l)$; $\Delta H° = -317.47$ kJmol$^{-1}$

$PCl_3(l) + Cl_2(g) \longrightarrow PCl_5(s)$; $\Delta H° = -137.94$ kJmol$^{-1}$

(+) করে, $P(s) + \frac{5}{2}Cl_2(g) \longrightarrow PCl_5(s)$; $\Delta H° = -455.41$ kJmol$^{-1}$

∴ $PCl_5(s)$ র সংশ্লেষণ তাপ = $-455.41$ kJ অর্থাৎ

এক মোল $PCl_5(s)$ সংশ্লেষণকালে 455.41 kJ পরিমাণ তাপ উদ্ভূত হবে। (উত্তর)

**উদাহরণ ৩। $C$(গ্রাফাইট) + $2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$; বিক্রিয়াটির $\Delta H$ এর মান নির্ণয় কর। এক্ষেত্রে নিম্নে বর্ণিত বিক্রিয়াসমূহের $\Delta H$ এর মানসমূহ ব্যবহার করতে হবে,**

(i) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$; $\Delta H_1 = -849.65$ kJ

(ii) C (গ্রাফাইট) $+ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H_2 = -406.13$ kJ

(iii) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$; $\Delta H_3 = -241.82$ kJ

**সমাধান ঃ**

প্রদত্ত (iii) নং সমীকরণকে ২ দ্বারা গুণ করে প্রাপ্ত গুণফলের সাথে (ii) নং সমীকরণ যোগ করে পাওয়া যায়,

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$; $\Delta H = -483.64$ kJ

C (গ্রাফাইট) $+ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H = -406.13$ kJ

C (গ্রাফাইট) $+ 2O_2(g) + 2H_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + CO_2(g)$; $\Delta H = -889.77$ kJ .. (iv)

(iv) নং সমীকরণ থেকে (i) নং সমীকরণ বিয়োগ করে–

$C$ (গ্রাফাইট) $+ 2O_2(g) + 2H_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + CO_2(g)$; $\Delta H = -889.77$ kJ

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$; $\Delta H = -849.65$ kJ

C (গ্রাফাইট) $+ 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$; $\Delta H = -40.12$ kJ **(উত্তর)**

## ৭.১১। প্রমাণ গঠন এন্থালপি
### Standard Enthalpy of Formation

**সংজ্ঞা ঃ প্রমাণ অবস্থায় (298 K তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে) কোন যৌগ-এর উপাদান মৌলসমূহ থেকে সে যৌগের এক মোল উৎপাদনকালে এন্থালপি (H) এর যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে যৌগটির প্রমাণ গঠন তাপ বা এন্থালপি বলে।** প্রমাণ অবস্থায় অর্থাৎ 25°C বা 298 K তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে গঠন এন্থালপিকে $H_f^\ominus$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক হচ্ছে কিলোজুল প্রতি মোল।

উদাহরণস্বরূপ 25°C তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে কার্বন ও অক্সিজেন বিক্রিয়া করে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে। $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H^\ominus_{298K} = -393.5$ kJmol$^{-1}$

এখন বিক্রিয়ায় এন্থালপি পরিবর্তন = যৌগ $CO_2$ 'র গঠন এন্থালপি = $H_f^\ominus$

$H_f^\ominus$ = [ কার্বন ডাইঅক্সাইডের এন্থালপি ] – [ কার্বনের এন্থালপি + অক্সিজেনের এন্থালপি ]

$= H_{(CO_2)} - [H_{(C)} + H_{(O_2)}]$ [ এখানে H দ্বারা প্রত্যেক পদার্থের গঠন এন্থালপি বোঝানো হয়েছে। ]

http://pdfcorner.com

$= H_{(CO_2)} - [0 + 0]$ [∵ মৌলের গঠন এন্থালপি শূন্য ধরা হয়]

$= H_{(CO_2)}$

যেহেতু বিক্রিয়া এন্থালপি, $\Delta H = -393.5$ kJ

সুতরাং $CO_2$ এর গঠন এন্থালপি, $H_f^\circ = -393.5$ kJmol$^{-1}$

অতএব দেখা যায় যে, বিক্রিয়া এন্থালপি থেকে যৌগের গঠন এন্থালপি হিসাব করা যায়।

## ৭.১২। গঠন এন্থালপি থেকে বিক্রিয়া-এন্থালপি নির্ণয়
### Calculation of Enthalpy of Reaction from Enthalpy of Formation

এক্ষেত্রে নিম্নোক্ত সমীকরণ ব্যবহার করতে হয়।

বিক্রিয়া এন্থালপি = [ উৎপাদসমূহের মোট গঠন এন্থালপি ] – [ বিক্রিয়কের মোট গঠন এন্থালপি ]

**উদাহরণ ৪। প্রমাণ অবস্থায় $CO_2$ (g) এবং $H_2O$ (l) এর গঠন এন্থালপি যথাক্রমে –393.5 kJ এবং –286 kJ। 25°C তাপমাত্রায় তরল ইথানলের দহন বিক্রিয়ার এন্থালপি –1366.9 kJ হলে তরল ইথানলের গঠন এনথালপি নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** ইথানলের দহনের তাপ রাসায়নিক সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়–

$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$; $\Delta H = -1366.9$ kJ

বিক্রিয়ার এন্থালপি $\Delta H$ = [ উৎপাদের এন্থালপি] – [ বিক্রিয়কের এন্থালপি ]

$\therefore \Delta H = [2 \times H_{(CO_2)} + 3 \times H_{(H_2O)}] - [H_{(C_2H_5OH)} + 3 \times H_{(O_2)}]$

$= [2 \times H_{(CO_2)} + 3 \times H_{(H_2O)}] - [H_{(C_2H_5OH)} + 0]$

$= [2 \times H_{(CO_2)} + 3 \times H_{(H_2O)}] - H_{(C_2H_5OH)}$ ... ... (1)

দেওয়া আছে, $H_{(CO_2)} = -393.5$ kJ এবং $H_{(H_2O)} = -286$ kJ, $\Delta H = -1366.9$ kJ

মনে করি, $H_{(C_2H_5OH)} = x$ kJ

এখন (1) নং সমীকরণে যথাযথ মানসমূহ বসিয়ে,

$-1366.9 = [2 \times (-393.5) + 3 \times (-286) - (x)]$ kJ

বা, $-1366.9 = [-787 - 858 - x]$ kJ

বা, $x = [-787 - 858 + 1366.9]$ kJ $= (-1645 + 1366.9)$ kJ

$\therefore x = -278.1$ kJ

সুতরাং তরল ইথানলের প্রমাণ গঠন এন্থালপি = তরল ইথানলের এন্থালপি

$= -278.1$ kJmol$^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৫। কার্বন ডাইসালফাইড, সালফার ও কার্বনের দহনতাপের মান যথাক্রমে -1060.4 kJ, –296.1 kJ ও –393.5 kJ। কার্বন ডাইসালফাইডের গঠন তাপ নির্ণয় কর।**

[ রা. বো. ২০০০, ২০০৭; কু. বো. ২০০২, ২০০৪]

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপ রাসায়নিক সমীকরণসমূহকে নিম্নরূপে লেখা যায় –

$CS_2(l) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$; $\Delta H = -1060.4$ kJ..... (i)

$S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$; $\Delta H = -296.1$ kJ .....(ii)

$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H = -393.5$ kJ ..... (iii)

(ii) ও (iii) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, $SO_2(g)$ ও $CO_2(g)$ এর দহন এন্থালপিই তাদের গঠন এন্থালপি এবং এর মান যথাক্রমে – 296.1 kJ ও – 393.5 kJ। ধরা যাক, কার্বন ডাইসালফাইডের গঠন এন্থালপি = x kJ।

আমরা জানি, বিক্রিয়া তাপ, $\Delta H$ = [ উৎপাদসমূহের মোট এন্থালপি ] - [ বিক্রিয়কসমূহের মোট এন্থালপি ]

সুতরাং (i) নং সমীকরণের জন্য

$\Delta H = [H_{(CO_2)} + 2 \times H_{(SO_2)}]$ kJ– $[H_{(CS_2)} + 3 \times H_{(O_2)}$ kJ]

http://pdfcorner.com

বা, $-1060.4 = [-393.5 + 2 \times (-296.1)]\ kJ - [x + 3 \times 0]\ kJ$

বা, $x = (-393.5 - 592.2 + 1060.4)\ kJ = +74.7\ kJ$

$\therefore x = +74.7\ kJ$

$\therefore$ কার্বন ডাইসালফাইডের নির্ণেয় গঠন তাপ $= +74.7\ kJmol^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৬। নিম্নলিখিত তথ্যাদি থেকে অ্যাসিটিলিনের গঠন এন্‌থালপি হিসাব কর ঃ**

(ক) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H = -393.5\ kJ$

(খ) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$; $\Delta H = -286\ kJ$

(গ) $C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + H_2O(l)$; $\Delta H = -1304\ kJ$

**সমাধান ঃ** সমীকরণ (ক) ও (খ) হতে দেখা যায় যে, $CO_2$ ও $H_2O$ এর গঠন এনথালপি = $-393.5$ ও $-286\ kJmol^{-1}$

ধরা যাক, অ্যাসিটিলিনের গঠন এন্‌থালপি $= x\ kJmol^{-1}$

আমরা জানি, বিক্রিয়া তাপ, $\Delta H$ = (উৎপাদসমূহের মোট এন্‌থালপি) – (বিক্রিয়কসমূহের মোট এন্‌থালপি)

সুতরাং সমীকরণ (গ) হতে পাওয়া যায়–

$$\Delta H = [2 \times H_{(CO_2)} + H_{(H_2O)}] - [H_{(C_2H_2)} + \tfrac{5}{2}H_{(O_2)}]$$

বা, $-1304 = [2 \times (-393.5) + (-286)]\ kJ - [x + \frac{5}{2} \times 0]\ kJ$

বা, $-1304 = [-787.0 - 286]\ kJ - x\ kJ$

বা, $x = (-1073.0 + 1304)\ kJ = +231\ kJ$

$\therefore x = +231\ kJmol^{-1}$

অ্যাসিটিলিনের নির্ণেয় গঠন তাপ $= +231\ kJmol^{-1}$ **(উত্তর)**

## ৭.১৩। বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয়

### Determination of Enthalpy of Reaction

কোন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণ ক্যালরিমিটার নামক যন্ত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। সাধারণত নিচের ক্যালরিমিটারগুলো এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়ে থাকে ঃ

(i) পানি ক্যালরিমিটার (Water Calorimeter) (ii) শিখা ক্যালরিমিটার (Flame Calorimeter) (iii) ভ্যাকুয়াম ফ্লাস্ক ক্যালরিমিটার (Vacuum flask) (iv) বদ্ধ ক্যালরিমিটার (Bomb Calorimeter) (v) বদ্ধতাপীয় (Adiabatic) ক্যালরিমিটার.

পানি ক্যালরিমিটার ব্যবহার একটি সহজ পদ্ধতি। বদ্ধ ক্যালরিমিটার ও বদ্ধতাপীয় ক্যালরিমিটার ব্যবহার করা জটিল। বিক্রিয়ার প্রকৃতির উপর নির্ভর করে ভিন্ন ভিন্ন ক্যালরিমিটার ব্যবহৃত হয়। যেমন, পানি ক্যালরিমিটার ব্যবহার করে দ্রবণে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয়; শিখা ক্যালরিমিটার ও বদ্ধ ক্যালরিমিটার দ্বারা দহন তাপ নির্ণয় করা হয়।

**বিক্রিয়ার এন্‌থালপি পরিবর্তন নির্ণয়ের মূলনীতি ($\Delta H = q_p$) ঃ**

যে পদ্ধতির সাহায্যে বিক্রিয়ার এন্‌থালপির পরিবর্তন ($\Delta H$) নির্ণয় করা হয়, তাকে ক্যালরিমিতি বলে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণ ($q_p$) যে যন্ত্রের সাহায্যে মাপা হয়, তাকে ক্যালরিমিটার বলা হয়। ক্যালরিমিতিক পরীক্ষায় সব ক্যালরিমিটারের ব্যবহারের মূলনীতি একই। এক্ষেত্রে কোন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে উৎপন্ন বা শোষিত তাপশক্তি নির্দিষ্ট পরিমাণ পানি বা বিক্রিয়া মিশ্রণে স্থানান্তরিত করে এর তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাসের পরিমাণ মাপা হয়। অর্থাৎ

বিক্রিয়ার এন্‌থালপির পরিবর্তন, $\Delta H$ = বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণ, $(q_p)$
= ক্যালরিমিটার কর্তৃক বা থেকে শোষিত তাপ
+ পানি কর্তৃক বা থেকে শোষিত তাপ

$$\Delta H = q_p = [C_{\text{ক্যাল}} + W_1 C_{\text{পানি বা মিশ্রণ}}] \times (T_2 - T_1)$$

এখানে, $C_{\text{ক্যাল}}$ = ক্যালরিমিটারের তাপধারণ ক্ষমতা, $W_1$ = পানি বা মিশ্রণের ভর।

$C_{\text{পানি বা মিশ্রণ}}$ = পানি বা মিশ্রণের আপেক্ষিক তাপ, $(T_2 - T_1)$ শেষ তাপমাত্রা ও প্রারম্ভিক তাপমাত্রার পার্থক্য।

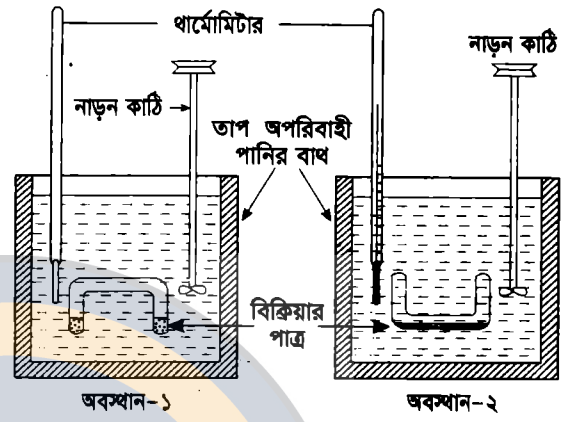
http://pdfcorner.com

নিম্নে পানি ক্যালরিমিটার ব্যবহার করে দ্রবণে বিক্রিয়া তাপ ও শিখা ক্যালরিমিটার ব্যবহার করে অ্যালকোহলের দহন তাপ নির্ণয় আলোচনা করা হল।

**পানি ক্যালরিমিটার ঃ** দ্রবণে সংঘটিত কোন বিক্রিয়ার এনথালপি পরিবর্তন ($\Delta H$) এ পদ্ধতিতে অত্যন্ত সহজে নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে একটি জানা পরিমাণের পানির মধ্যে নিমজ্জিত কোন পরীক্ষা নলে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। একটি অত্যন্ত সুগ্রাহী থার্মোমিটারের সাহায্যে তাপমাত্রা মাপা হয়।

এখন পানির আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা মতে, 1g পানির তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করে এক ক্যালরি তাপ শোষিত হয়। এক ক্যালরি সমান 4.184 জুল। ক্যালরিমিটারের পাত্র, আলোড়ক বা নাড়ান কাঠি ও থার্মোমিটারের পানিসম Wg এবং পরীক্ষায় ব্যবহৃত পানির পরিমাণ $w_1$ g হলে, বিক্রিয়া এনথালপি $\Delta H = q_p = (W + w_1) \times \Delta t$ ক্যালরি। এখানে, পানি ও বিক্রিয়া দ্রবণের আপেক্ষিক তাপ 1cal = 4.184 joule/g এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি = $\Delta t$.

$\therefore \Delta H = q_p = (W + w_1) \times \Delta t \times 4.184$ J.




চিত্র ৭·৬ ঃ পানি ক্যালরিমিটারের সাহায্যে বিক্রিয়ার এনথালপি নির্ণয়।

## ৭.১৪। দহন তাপ বা দহন এন্থালপি
## Heat of Combustion or Enthalpy of Combustion

**সংজ্ঞা ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 1 মোল (mole) কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে অক্সিজেনে সম্পূর্ণভাবে দহন করলে এন্থালপির যে পরিবর্তন ($\Delta H$) ঘটে, তাকে দহন তাপ বা দহন এন্থালপি বলে।** আবার প্রমাণ অবস্থায় অর্থাৎ 25°C বা, 298 K তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে কোন পদার্থের 1mole কে অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে এন্থালপির যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ পদার্থের **প্রমাণ দহন তাপ বা প্রমাণ দহন এন্থালপি** (standard enthalpy of combustion) বলে। প্রমাণ দহন তাপকে $\Delta H_c^\circ$ দ্বারা সূচিত করা হয়। যেমন বেনজিনের দহন এন্থালপি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে দেখানো যায়–

$$C_6H_6(l) + 7.5\ O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 3H_2O(l); \qquad \Delta H_c^\circ = -3268\ kJmol^{-1}$$

উপরিলিখিত সমীকরণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, 1 মোল (mole) বেনজিনকে যথেষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে এন্থালপির পরিবর্তন হয় – 3268 kJ অর্থাৎ এ বিক্রিয়ায় 3268 kJ তাপ উৎপন্ন হয়।

**দহন এন্থালপির ব্যবহার বা প্রয়োগ ঃ** দহন-এন্থালপির বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োগ আছে। যেমন, দহন এন্থালপির সাহায্যে -

(i) গঠন এন্থালপি নির্ণয়; (iv) শিখার সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্ণয়;

(ii) বিক্রিয়া এন্থালপি নির্ণয় ; (v) জ্বালানি ও খাদ্যদ্রব্যের জুল মান বা ক্যালরি মান প্রভৃতি নির্ণয় করা যায়।

(iii) যৌগের গঠন নির্ণয় ;

**দহন এন্থালপির সাহায্যে বিক্রিয়া এন্থালপি নির্ণয় ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সকল বিক্রিয়ক ও উৎপাদের দহন এন্থালপির মান তাপ রাসায়নিক সমীকরণে বসালে উভয় পার্শ্বের সমতা বজায় থাকে। যেমন, $A + B = C + D$; $\Delta H$ kJ। সমীকরণটিতে A, B, C ও D এর দহন এন্থালপি যথাক্রমে a, b, c ও d হলে,

$$\Delta H = (a + b) - (c + d)$$

**অর্থাৎ বিক্রিয়ার এনথালপি = [বিক্রিয়কসমূহের দহন এনথালপি] – [উৎপাদসমূহের দহন এনথালপি]**

এ সমীকরণ ব্যবহার করে বিভিন্ন বিক্রিয়ার এন্থালপি, গঠন এন্থালপি প্রভৃতি নির্ণয় করা যায়।



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৭। 25°C তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে ইথিলিন, হাইড্রোজেন ও ইথেনের দহন তাপের মান যথাক্রমে –1410.92 kJ, – 284.24 kJ ও –1560.24 kJ। ইথিলিনের বিজারণে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** ইথিলিনের বিজারণকে নিম্নরূপে দেখানো যায়–

$$C_2H_4(g) + H_2(g) = C_2H_6(g) + \Delta H$$

উপরিলিখিত সমীকরণে ইথিলিন, হাইড্রোজেন ও ইথেনের দহন তাপের 'প্রদত্ত মানসমূহ' বসিয়ে পাওয়া যায়–

$$-1410.92 - 284.24 = -1560.24 + \Delta H$$

Or, $\Delta H = (1560.24 - 1695.16) = -134.92$

$\therefore \quad \Delta H = -134.92$ kJ/mol

অতএব ইথিলিনের বিজারণের ফলে – 134.92 kJ পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হবে। **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৮। কার্বন, হাইড্রোজেন এবং চিনির দহন তাপের মান যথাক্রমে – 406 kJ, – 284 kJ এবং – 5638.82 kJ। চিনির গঠন এন্থালপির মান হিসাব কর।**

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপ রাসায়নিক সমীকরণসমূহ হচ্ছে–

(i) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$; $\Delta H_c^\circ = -393.5$ kJ

(ii) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$; $\Delta H_c^\circ = -284$ kJ

(iii) $C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12O_2(g) \longrightarrow 12CO_2(g) + 11H_2O(l)$; $\Delta H_c^\circ = -5638.82$ kJ

উপরিলিখিত (i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে প্রাপ্ত দহন–তাপগুলোকে যথাক্রমে $CO_2$ ও $H_2O$ এর গঠন তাপ হিসেবে ধরা যায়।

আমরা জানি, $\Delta H$ = (উৎপাদসমূহের মোট এন্থালপি) – (বিক্রিয়কসমূহের মোট এন্থালপি)

ধরা যাক, চিনির গঠন এন্থালপি = x $kJmol^{-1}$

সুতরাং বিক্রিয়া (iii) হতে পাওয়া যায়–

$\Delta H_f = [12 \times H(CO_2) + 11 \times H(H_2O)] - [H(C_{12}H_{22}O_{11}) + 12 \times H(O_2)]$

Or, $-5638.82 = [12 \times (-393.5) + 11 \times (-284)] - [x + 12 \times 0]$

Or, $-5638.82 = (-4722 - 3124) - x$

Or, $x = (-7846 + 5638.82) = -2207.18$

$\therefore \quad x = -2207.18$ $kJmol^{-1}$

$\therefore$ চিনির নির্ণেয় গঠন এন্থালপি = $-2207.18$ $kJmol^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৯। মিথেনের দহন এনথালপি –890.3 $kJmol^{-1}$ হলে 1500 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ অক্সিজেন মিথেনের দহনে প্রয়োজন হবে?** [ঢা. বো. ২০০৪; চ. বো. ২০০৬]

**সমাধান ঃ** মিথেনের দহন বিক্রিয়ার তাপ রাসায়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \qquad \Delta H = -890.3 \text{ kJmol}^{-1}$$

1 mole, 2 mole $= 2 \times 32$ g

সমীকরণ মতে, 890.3 kJ তাপ মিথেন দহনে উৎপন্ন করতে 2 মোল অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

$\therefore$ 1500 kJ তাপ মিথেন দহনে উৎপন্ন করতে $\frac{2 \times 1500}{890.3}$ মোল $O_2$ প্রয়োজন হবে।

$= 3.36965$ মোল $O_2$

আবার 1 মোল অক্সিজেন = 32 g অক্সিজেন।

$\therefore$ 3.36965 মোল অক্সিজেন = $32 \times 3.36965$ g অক্সিজেন।

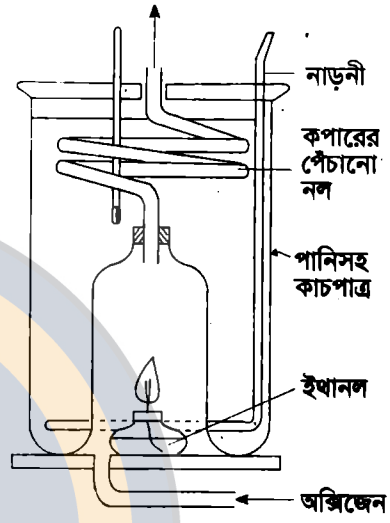
= 107.8288 g অক্সিজেন **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

## ৭.১৪.১। শিখা ক্যালরিমিটারে অ্যালকোহলের দহন তাপ নির্ণয়
**Determination of Heat of Combustion of Alcohol by Flame Calorimeter**

**শিখা ক্যালরিমিটারের গঠন ঃ** চিত্র মতে কাচের পাত্র, ভেতরের পানি, পানিতে ডুবানো থার্মোমিটার, পানি নাড়ানোর জন্য নাড়ানি, দহন এলাকার উত্তপ্ত গ্যাস বের হওয়ার চিমনিরূপী কপারের পেঁচানো নল ইত্যাদি নিয়ে ক্যালরিমিটার গঠিত। কপারের চিমনিটি উত্তপ্ত গ্যাস থেকে দহন তাপশোষণ করে পানিতে সঞ্চারিত করে। কুপিটি ক্যালরিমিটারের মাঝখানে রাখাতে শিখার তাপ বাইরে যেতে বাধা পায়।

পূর্ণ দহনের জন্য পর্যাপ্ত অক্সিজেন গ্যাস কুপির পার্শ্ব দিয়ে চালনা করা হয়।



চিত্র ৭.৭ ঃ শিখা ক্যালরিমিটারে অ্যালকোহলের দহন তাপ নির্ণয়।

**কার্যপ্রণালী ঃ** ১। ক্যালরিমিটারের ভেতরের পানির প্রারম্ভিক তাপমাত্রা $t_1$ রেকর্ড করা হয়।

২। অ্যালকোহলসহ কুপির ভর রেকর্ড করে কুপির সলতে জ্বালানো হয়। অ্যালকোহলের দহন শুরু হলে দহন ক্রিয়ায় সৃষ্ট উত্তপ্ত গ্যাস কপারের চিমনিতে প্রবেশ করে। ঐ সময় পানিতে নাড়ানি দিয়ে নাড়তে হয়; ফলে কপার চিমনি দ্বারা শোষিত তাপ পানিতে সমভাবে সঞ্চারিত হয়। থার্মোমিটারে প্রারম্ভিক তাপমাত্রার চেয়ে প্রায় ৫/৬ ডিগ্রি বেড়ে গেলে কুপির সলতে নিভিয়ে দেয়া হয় এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা $t_2$ রেকর্ড করা হয়। শেষে কুপির ২য় ভর ওজন করে নেয়া হয়। ১ম ভর ও ২য় ভরের পার্থক্য হবে দহনকৃত অ্যালকোহলের ভর, m, (0.46 g = 0.01) মোল।

$$C_2H_5OH\,(l) + 3O_2\,(g) \longrightarrow 2CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l)$$

৩। এখন শিখা ক্যালরিমিটারের তাপধারণ ক্ষমতা, $C_{\text{ক্যাল}}$ নির্ণয় করা প্রয়োজন। এজন্য যে পদার্থের দহন তাপ জানা আছে, এরূপ প্রমাণ দাহ্য পদার্থ নিয়ে উপরিউক্ত পরীক্ষা আবার করতে হয়।

সাধারণত বেনজোয়িক এসিড (M = 122) প্রমাণ দাহ্য পদার্থরূপে ব্যবহার করে শিখা ক্যালরিমিটারের তাপধারণ ক্ষমতা বের করা হয়।

$$C_6H_5COOH\,(s) + 7.5\,O_2\,(g) \longrightarrow 7CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l)\quad \Delta H_c^\circ = -3230\ kJ$$

৪। ব্যবহৃত 1.22 g (0.01 মোল) বেনজোয়িক এসিড শিখা ক্যালরিমিটারে দহনের পর ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 10 K বৃদ্ধি পায়। সুতরাং 0.01 মোল বেনজোয়িক এসিড দহনের পর উৎপাদন তাপ 32.3 kJ (সমীকরণ মতে) ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 10 K বৃদ্ধি করেছে। আমরা জানি,

$$\text{ক্যালরিমিটারের তাপধারণ ক্ষমতা, } C_{\text{ক্যাল}} = \frac{\text{0.01 মোল বেনজোয়িক এসিডের দহন তাপ}}{\text{ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{32.3\ kJ}{10\ K} = 3.23\ kJK^{-1}$$

**গণনা ঃ** দহনকৃত ইথানল $C_2H_5OH$ (M = 46) এর ভর = 0.46 g (0.01 মোল)

শিখা ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $(t_2 - t_1) = 4$ K (মনে করি)

0.01 মোল ইথানলের দহনে উৎপন্ন তাপ = $C_{\text{ক্যাল}} \times$ তাপমাত্রার বৃদ্ধি = $3.23\ kJK^{-1} \times 4\ K = 12.9\ kJ$

$\therefore$ 1 মোল ইথানলের দহনে উৎপন্ন তাপ = $\frac{12.9}{0.01}\ kJ = 1290\ kJ$

$\therefore$ ইথানলের দহন তাপ $\Delta H_c^\circ = -1290\ kJmol^{-1}$

## ৭.১৫। প্রশমন তাপ বা প্রশমন এনথালপি
**Enthalpy or Heat of Neutralisation**

**সংজ্ঞা ঃ সাধারণ কক্ষতাপমাত্রা যেমন, 25°C বা, 298K তাপমাত্রায় এসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় 1 মোল (mole) পানি উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপের উদ্ভব ঘটে, তাকে প্রশমন তাপ বলা হয়। প্রশমন একটি**

http://pdfcorner.com

তাপোৎপাদী বিক্রিয়া। যেমন, 25°C তাপমাত্রায় এক মোল পরিমাণ লঘু HCl কে এক মোল লঘু NaOH দ্বারা প্রশমিত করলে 57.34 kJ তাপ উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে দেখানো যায়–

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) \qquad \Delta H^{\circ}_{298k} = -57.34 \text{ kJ}$$

1 mole 1 mole 1 mole

**(ক) সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান সমান এবং তা – 57.34 kJ।** এর কারণ সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। এসিড ও ক্ষারের আয়নিক তত্ত্বানুযায়ী সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষার লঘু দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে যায়। যেমন,

$$HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq) \; ; \quad NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

মিশ্রণে এদের মধ্যে সত্যিকার বিক্রিয়া হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$[H^+(aq) + Cl^-(aq)] + [Na^+(aq) + OH^-(aq)] \longrightarrow [Na^+(aq) + Cl^-(aq)] + H_2O(l)$$

অর্থাৎ এ ক্ষেত্রে সত্যিকার বিক্রিয়া হচ্ছে $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ এবং সমগ্র বিক্রিয়ার বিক্রিয়া–এন্থালপি হল প্রকৃতপক্ষে এ বিক্রিয়ার এন্থালপি।

যেহেতু সব তীব্র ক্ষার ও সব তীব্র এসিড পানিতে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে যথাক্রমে সর্বাধিক $OH^-$ আয়ন ও $H^+$ আয়ন দেয়; তাই সব তীব্র ক্ষার ও তীব্র এসিডের মধ্যে প্রকৃতপক্ষে একই বিক্রিয়া অনুষ্ঠিত হয়। যেমন, $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$। সুতরাং সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ ধ্রুব হবে অর্থাৎ –57.34 kJ হয়। ৭.১ নং তালিকায় কিছু সংখ্যক তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ দেয়া হল।

**সারণি ৭·১। 25°C তাপমাত্রায় তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ, ΔH**

| তীব্র এসিড | তীব্র ক্ষার | প্রশমন তাপ, ΔH; কিলোজুল (kJ) |
|---|---|---|
| HCl | NaOH | – 57.34 |
| $H_2SO_4$ | NaOH | – 57.44 |
| $HNO_3$ | NaOH | – 57.35 |
| HCl | KOH | – 57.43 |

**(খ) এসিড কিংবা ক্ষার যে কোন একটি যদি দুর্বল প্রকৃতির হয়, তবে এদের প্রশমন তাপের মান স্থির থাকে না।** অর্থাৎ এ মান – 57.34 kJ হবে না, কম হবে। যেমন এক মোল পরিমাণ দুর্বল অ্যাসিটিক এসিড $CH_3COOH$ কে সবল NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করলে এদের প্রশমন তাপের মান প্রায় 2.2 kJ পরিমাণ কমে – 55.14 kJ হয়। এর কারণ জলীয় দ্রবণে অ্যাসিটিক এসিড ($CH_3COOH$) এর অসম্পূর্ণ বিয়োজন।

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

$$NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

যেহেতু NaOH একটি তীব্র ক্ষার; তাই এর সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে সৃষ্ট $OH^-$ আয়ন অ্যাসিটিক এসিডের অসম্পূর্ণ বিয়োজন দ্বারা সৃষ্ট $H^+$ কে যখনই প্রশমিত করে, তখনই অবিয়োজিত অ্যাসিটিক এসিড পুনরায় বিয়োজিত হয়ে $H^+$ আয়ন উৎপন্ন করে। ফলে সাম্যতা পুনরায় প্রতিষ্ঠিত হয়। সুতরাং অ্যাসিটিক এসিড সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত না হওয়া পর্যন্ত উভয় বিক্রিয়াই পাশাপাশি অগ্রসর হতে থাকে। এক্ষেত্রে অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজনে কিছু শক্তির যেমন 2.2 kJ প্রয়োজন হয়; এ কারণেই প্রশমন তাপের মান প্রায় 2.2 kJ কমে গিয়ে – 55.14 kJ হয়।

**(গ) তীব্র হাইড্রোফ্লোরিক এসিড (HF) ও NaOH এর প্রশমন তাপের মান অন্যান্য তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপের মান যেমন –57.34 $kJmol^{-1}$ এর চেয়ে কিছু বেশি হয়।** এর ব্যাখ্যা হল, প্রশমন তাপের সাথে ফ্লোরাইড আয়ন ($F^-$) এর অধিক মাত্রায় পানিযোজন তাপের সমষ্টিকরণ। প্রথমত HF(aq) তীব্র এসিড ও NaOH(aq) তীব্র ক্ষার হওয়ায় এরা দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় এবং উৎপন্ন $H^+(aq)$ ও $OH^-(aq)$ এর প্রশমনকালে 57.34 $kJmol^{-1}$ তাপ উৎপন্ন করে।

http://pdfcorner.com

$HF(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H^+(aq) + F^-(aq) + Na^+(aq) + OH^-(aq)$

$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(\ell), \quad \Delta H = -57.34\ kJ$

দ্বিতীয়ত দ্রবণে উপস্থিত ফ্লোরাইড আয়ন ($F^-$) এর **আকার ছোট হওয়ায় এতে চার্জের ঘনত্ব বেশি হয়।** তাই $F^-$ **আয়নের** সাথে পোলার পানি অণুর মধ্যে সংযোজন অর্থাৎ পানিযোজন বা হাইড্রেশন খুব দৃঢ়ভাবে ঘটে। তখন যে তাপশক্তি নির্গত হয়, তা অন্যান্য ঋণাত্মক আয়নের পানিযোজন তাপের বা হাইড্রেশন শক্তির তুলনায় কিছু বেশি হয়। সুতরাং $F^-$ এর অতিরিক্ত পানিযোজন তাপ প্রশমন তাপের সাথে যোগ হয়ে তা $-57.34$ kJ এর চেয়ে বেশি হয় এবং যোগফল $-68.6$ kJ হয়। উল্লেখ্য দ্রবণে মোল পরিমাণে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন পানি অণুর সাথে সংযোগের ফলে নির্গত তাপ শক্তিকে হাইড্রেশন শক্তি বলে।

$HF(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + F^-(aq) + H_2O(\ell), \ \Delta H = -68.6\ kJ$

## ৭.১৫.১। প্রশমন তাপ বা এনথালপি নির্ণয়

### Determination of Enthalpy of Neutralization

**ক্যালরিমিতীয় পদ্ধতি ঃ** অম্ল-ক্ষারের প্রশমন এনথালপি নির্ণয়ে সাধারণ ক্যালরিমিটার ব্যবহার করা হয়। সাধারণ ক্যালরিমিটার হচ্ছে একটি কাচের ছোট বীকার, যা আরেকটি কাচের বড় বীকারের মধ্যে বসানো থাকে। দুটি বীকারের মধ্যবর্তী স্থান তাপ কুপরিবাহী পদার্থ যেমন তুলা দ্বারা পূর্ণ করা থাকে, যেন তাপ হরণ-এর পরিমাণ হ্রাস পায়। বীকারের মুখে দুটি ছিদ্রযুক্ত একটি ঢাকনা থাকে। একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়ে একটি কাচের আলোড়ক এবং অন্য ছিদ্রের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার প্রবেশ করানো হয়।

**কার্যপ্রণালী ঃ** (১) প্রথমে আলোড়ক ও ক্যালরিমিটারটি ভালভাবে পরিষ্কার ও শুষ্ক করা হয়। (২) তারপর আলোড়ক ও ক্যালরিমিটারের ভর নির্ণয় করা হয়। (৩) HCl এসিড ও NaOH এর বিক্রিয়ার প্রশমন তাপ নির্ণয় করতে হবে। তাই HCl এর জ্ঞাত ঘনমাত্রার একটি নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ ক্যালরিমিটারে নেয়া হয়।

(৪) গৃহীত পরিমাণ এসিড দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে যতটুকু NaOH দ্রবণ প্রয়োজন তার চেয়ে একটু বেশি NaOH দ্রবণ আরেকটি বীকারে নেয়া হয়। (৫) পৃথক পৃথকভাবে এসিড ও ক্ষার দ্রবণের তাপমাত্রা মাপা হয়। উভয় দ্রবণের তাপমাত্রা স্থির হলে ক্ষার দ্রবণটিকে ক্যালরিমিটারের বীকারে রক্ষিত এসিড দ্রবণে দ্রুত ঢেলে দিয়ে নাড়া হয় এবং তাপমাত্রা মাপা হয়। তাপমাত্রা সর্বোচ্চ উঠলে তা লিপিবদ্ধ করা হয়। (৬) তারপর আলোড়ক ও দ্রবণসহ বীকারের ভর ওজন করা হয়। এ ওজন হতে পূর্বের ভর বাদ দিয়ে দ্রবণের ভর নির্ণয় করা হয়।

**গণনা ঃ**

| | |
|---|---|
| আলোড়কসহ ক্যালরিমিটারের বীকারের ভর | $= m_1\ g$ (মনে করি) |
| ক্যালরিমিটারের উপাদান কাচের আপেক্ষিক তাপ | $= s_1\ Jg^{-1}K^{-1}$ |
| ক্যালরিমিটারে দ্রবণের ভর | $= m_2\ g$ |
| পানির আপেক্ষিক তাপ | $= s_2\ Jg^{-1}K^{-1}$ |
| প্রারম্ভিক স্থির তাপমাত্রা | $= t_1\ ^\circ C$ |
| বিক্রিয়া শেষে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা | $= t_2\ ^\circ C$ |
| HCl এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা | $= M\ molL^{-1}$ |
| HCl এসিড দ্রবণের আয়তন | $= V\ mL$ |
| সুতরাং প্রশমন বিক্রিয়াটিতে উৎপন্ন মোট তাপ | $= m_1 s_1 (t_2 - t_1) + m_2 s_2 (t_2 - t_1)$ |
| | $= (m_1 s_1 + m_2 s_2)(t_2 - t_1)$ |

$$\therefore \text{অম্লটির প্রশমন তাপ, } \Delta H = \frac{(m_1 s_1 + m_2 s_2)(t_2 - t_1) \times 1000}{M \times V}\ Jmol^{-1}$$

**উদাহরণ ১ ঃ** একটি ক্যালরিমিটার ও তার আলোড়কের মোট ভর 350 g। এতে 100 mL 1M HCl দ্রবণ নেয়া হল। আবার একটি বীকারে প্রায় 105 mL 1M NaOH দ্রবণ নেয়া হল। স্থির তাপমাত্রায় পৌঁছার পর উভয় দ্রবণের তাপমাত্রা 25°C মাপা হল। দ্রবণদ্বয় মিশ্রিত করার পর সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 30.2°C লিপিবদ্ধ করা হল। অতঃপর দ্রবণসহ ক্যালরিমিটার ও আলোড়কের ভর 556 g পাওয়া গেল। কাচের আপেক্ষিক তাপ 0.7 $Jmol^{-1}K^{-1}$ হলে এ প্রশমন বিক্রিয়ার তাপ নির্ণয় কর।

http://pdfcorner.com

**সমাধান ঃ** আলোড়কসহ ক্যালরিমিটারের ভর $m_1 = 350$ g; কাচের আঃ তাপ $s_1 = 0.7\ Jg^{-1}K^{-1}$

আঃ তাপের প্রশ্নমতে দ্রবণের মোট ভর = (556 – 350) = 206 g। দ্রবণটি লঘু বলে এর আপেক্ষিক তাপ পানির সমান ধরা যায়। অর্থাৎ $s_2 = 4.2\ Jg^{-1}K^{-1}$। প্রাথমিক তাপমাত্রা $t_1 = 25°C$; সর্বোচ্চ তাপমাত্রা $t_2 = 30.2°C$

অতএব এ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপ $= (m_1 s_1 + m_2 s_2)(t_2 - t_1)J$

$= (350 \times 0.7 + 206 \times 4.2)(30.2 - 25)\ J$

$= (245 + 865.2)(3 \times 5.2) = 1110.2 \times 5.2 = 5773\ J$

এ পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয় 100 mL 1M HCl এর জন্য। অতএব 1 mol পরিমাণ HCl বা, 1000 mL 1M HCl এর জন্য উৎপন্ন তাপ $= 5773 \times \frac{1000}{100} = 57730\ J = 57.73\ kJ$

$\therefore$ 1 mole পরিমাণ HCl এর জন্য $\Delta H = -57.73\ kJmol^{-1}$

যেহেতু বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয়েছে, সেহেতু এনথালপির মান ঋণাত্মক হবে।

## ৭.১৬। দ্রবণ তাপ বা দ্রবণ এন্থালপি
### Heat of Solution or Enthalpy of Solution

**সংজ্ঞা ঃ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যথেষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে 1 মোল (mole) দ্রবকে দ্রবীভূত করে যদি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং তাতে যদি আরো দ্রাবক যোগ করেও তাপীয় অবস্থার কোন পরিবর্তন ঘটানো না যায় তবে ঐ দ্রবণ প্রস্তুত করতে তাপের যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে।**

সাধারণভাবে, 200 – 450 মোল (mole) দ্রাবকে 1 মোল (mole) দ্রব দ্রবীভূত করে যে দ্রবণ প্রস্তুত হয় তাতে আরো দ্রাবক যোগ করলেও দ্রবণের তাপীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না।

**উদাহরণ ঃ** যে সব অনার্দ্র লবণ অতি সহজেই পানির সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রেট গঠন করে, তারা পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় তাপ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ সেক্ষেত্রে $\Delta H$ এর মান ঋণাত্মক হবে।

যেমন, 1 মোল (mole) সাদা অনার্দ্র $CuSO_4$ পর্যাপ্ত পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় 66.04 kJ পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়।

$$CuSO_4(s) + aq \longrightarrow CuSO_4.5H_2O\ (aq); \qquad \Delta H = -66.04\ kJ.$$

**বৈশিষ্ট্য ঃ** (i) দ্রবীভূত হওয়ার সময় দ্রব ও দ্রাবকের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত না হলে দ্রবণ তাপ ($\Delta H$) এর মান ধনাত্মক হয়।

(ii) অপরদিকে দ্রবীভূত হওয়ার কালে দ্রব ও পানির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হলে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ ($\Delta H$) এর মান ঋণাত্মক হয়।

(iii) যে সব লবণ পানির সাথে হাইড্রেট গঠন করে না তারা পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় তাপ শোষণ করে; অর্থাৎ এক্ষেত্রে $\Delta H$ এর মান ধনাত্মক হয়। আবার হাইড্রেট লবণ ( যেমন, গাঢ় নীল $CuSO_4.5H_2O$ ) যারা আর পানির সাথে যুক্ত হয় না তারা তাপ শোষণ করে পানিতে দ্রবীভূত হয়। যেমন: 1 মোল (mole) আর্দ্র $CaCl_2$ পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় 19.06 kJ তাপ শোষিত হয়; যেমন,

$$CaCl_2.6H_2O(s) + aq. \longrightarrow CaCl_2.6H_2O\ (aq); \qquad \Delta H = +19.06\ kJ$$
$$CuSO_4.5H_2O(s) + aq \longrightarrow CuSO_4.5H_2O\ (aq); \qquad \Delta H = +11.70\ kJ$$

**দ্রবণের ইন্‌টেগ্রেল তাপ ঃ** বর্তমানে 'দ্রবণের ইনটেগ্রেল তাপ' (integral heat of solution) নামে একটি 'পদ' (term) ব্যবহৃত হয়। এর সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ

**"এক মোল পরিমাণ কোন দ্রবকে নির্দিষ্ট মোল পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত করলে যে পরিমাণ তাপের পরিবর্তন ঘটে, তাকে দ্রবণের ইনটেগ্রেল তাপ বলা হয়।"** যেমন,

$$H_2SO_4\ (l) + H_2O\ (l) \longrightarrow H_2SO_4\ (aq) \quad \Delta H = -30.5\ kJ$$
$$H_2SO_4\ (l) + 10H_2O\ (l) \longrightarrow H_2SO_4\ (aq) \quad \Delta H = -68.0\ kJ$$
$$H_2SO_4\ (l) + 19\,H_2O\ (l) \longrightarrow H_2SO_4\ (aq) \quad \Delta H = -70.7\ kJ$$

http://pdfcorner.com

সুতরাং 1 মোল (mole) পানিতে $H_2SO_4$ এর দ্রবণের **ইনটেগ্রেল তাপ** –30.5 kJ, 10 মোল পানিতে ঐ তাপের পরিমাণ – 68.0 kJ এবং 19 মোল পানিতে তা –70.7 kJ । এ 19 মোল পানির অতিরিক্ত পরিমাণ যেমন 450 মোল পর্যন্ত পানি যোগ করলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ –84.52 kJ এ স্থির থাকে। সুতরাং $H_2SO_4$ এর দ্রবণ তাপ –84.52 kJ ।

## ৭.১৬.১। লবণের দ্রবণ তাপ নির্ণয়

### Determination of Heat of Solution of a Salt

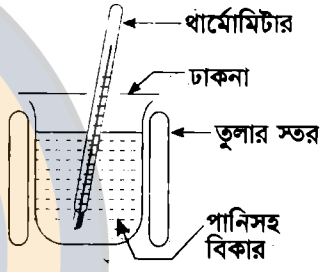
**মূলনীতি ঃ** পর্যাপ্ত পরিমাণ দ্রাবকে 1 mol দ্রব দ্রবীভূত করলে যে পরিমাণ তাপ শোষিত বা উদ্‌গীরিত হয়, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলা হয়। পরীক্ষাগারে এক মোল দ্রব এমন পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত করা হয় যেন উৎপন্ন দ্রবণের মোট ভর এক কিলোগ্রাম হয়। তখন উৎপন্ন দ্রবণের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ 1 kcal বা, 4.2 kJ হয়। সুতরাং এক কিলোগ্রাম দ্রবণে 1 mol দ্রব দ্রবীভূত হয়ে tK তাপমাত্রা বৃদ্ধি হলে, তবে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ হবে = $4.2 \times t\ kJmol^{-1}$ ।

**বর্ণনা ঃ** ১। পটাসিয়াম নাইট্রেট ($KNO_3$) এর আণবিক ভর 101; এখন 0.1 mol $KNO_3$ অর্থাৎ 10.1 g $KNO_3$ ওজন করে নেয়া হয়।

২। একটি 250 mL বীকারে 89.9 g পানি নেয়া হয়। [তখন পানিতে 10.1 g $KNO_3$ দ্রবীভূত করলে দ্রবণের মোট ভর 100 g হবে।]

৩। থার্মোমিটার বীকারের পানিতে ডুবিয়ে প্রারম্ভিক তাপমাত্রা $t_1$ = 32°C রেকর্ড করা হয়। এখন ঐ পানিতে পূর্বে ওজন করা 10.1 g $KNO_3$ যোগ করে গ্লাস রড দিয়ে ভালভাবে নেড়ে দ্রবীভূত করা হয়।

৪। সমস্ত $KNO_3$ দ্রবীভূত হওয়ার পর তাপমাত্রার পরিবর্তন স্থির (এক্ষেত্রে সর্বনিম্ন) হলে তখন তাপমাত্রার ২য় পাঠ $t_2$ = 23.5°C রেকর্ড করা হয়। এবার দ্রবণ তাপ হিসাব করা হবে।



চিত্র ৭.৮ ঃ দ্রবণ তাপ নির্ণয়।

**গণনা ঃ** দ্রবণ তৈরিতে তাপমাত্রার হ্রাস, $(t_1 - t_2)$ = 8.3°C। সুতরাং $KNO_3$ এর 100 g দ্রবণে তাপের শোষণ ঘটেছে = $0.42 \times 8.3$ kJ = 3.486 kJ

অর্থাৎ 0.1 mole $KNO_3$ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে তাপ শোষণ করে 3.486 kJ

$\therefore$ 1 mole $KNO_3$ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে তাপ শোষণ করে = $\frac{3.486\ kJ \times 1}{0.1} = 34.86\ kJ$

$\therefore$ $KNO_3$ এর দ্রবণ তাপ, $\Delta H_{\text{দ্রবণ}} = +34.86\ kJmol^{-1}$

## ৭.১৭। বাষ্পীয়ভবন তাপ বা এন্‌থালপি

### Enthalpy of Vaporisation

কক্ষ তাপমাত্রায় ও বায়ুমণ্ডল চাপে যে কোন তরল পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে বাষ্পীভূত হতে থাকে। তাপমাত্রা বাড়ালে তরলের বাষ্পীভবনের হার বাড়ে। তাপ শোষণের মাধ্যমে বাষ্পীভবন ঘটে। তাপ শক্তি পেয়ে তরল পদার্থের অণুগুলো অতিরিক্ত শক্তিসম্পন্ন হয়। ফলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অতিক্রম করে বাষ্পীভূত হয়।

**সংজ্ঞা ঃ তরলের স্ফুটনাঙ্কে ও 1 atm চাপে 1 মোল (mole) তরল পদার্থকে বাষ্পীভূত করতে যে পরিমাণ তাপ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ তরলের বাষ্পীয়ভবন তাপ বা সুপ্ত তাপ বা এন্‌থালপি বলা হয়।** যেমন পানির বাষ্পীয়ভবন তাপ বা এন্‌থালপি হল 40.7 kJ এবং বেনজিনের বাষ্পীয়ভবন তাপ বা এনথালপি হল 31.37 kJ।

$$H_2O\ (l) \longrightarrow H_2O(vap)\ ; \quad \Delta H_{(vap)} = +\ 40.7\ kJmol^{-1}$$
$$C_6H_6\ (l) \longrightarrow C_6H_6\ (vap)\ ; \quad \Delta H_{(vap)} = +\ 31.37\ kJmol^{-1}$$

## ৭.১৮। বন্ধন এন্‌থালপি বা বন্ধন শক্তি

### Bond Enthalpy or Bond Energy

**সংজ্ঞা ঃ গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায় কোন পদার্থের এক মোল অণুর নির্দিষ্ট দুটি পরমাণুর মধ্যস্থ একই প্রকার এক মোল বন্ধনকে অর্থাৎ $6.022 \times 10^{23}$ টি বন্ধনকে ভেঙে মুক্ত পরমাণু বা মূলকে পরিণত করতে যে পরিমাণ গড় শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে বন্ধন এন্‌থালপি বা বন্ধন শক্তি বলে।**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ–১।** কোন যৌগের M–N বন্ধনটি ভেঙে গিয়ে M ও N মুক্ত পরমাণু বা মূলকে পরিণত হল,

$$M\text{–}N(g) \longrightarrow M(g) + N(g) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (১)$$

এখন M–N বন্ধনের শক্তি হবে (i) বিক্রিয়ার এন্‌থালপি, $\Delta H$ এর সমান, অধুনা এ শক্তিকে M–N বন্ধনের এন্‌থালপি বলা হয়। বন্ধন এন্‌থালপিকে $\Delta H^\circ$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যে সব বিক্রিয়ার এন্‌থালপি সরাসরি হিসাব করা যায় না, বন্ধন এন্‌থালপির সাহায্যে তাদের বিক্রিয়া এন্‌থালপি হিসাব করা যায়।

**(ক) বন্ধন এন্‌থালপি গণনা ঃ** যে যৌগের বন্ধন এন্‌থালপি গণনা করতে হবে তার গঠন এন্‌থালপি এবং বন্ধন গঠনকারী মৌলগুলোর পরমাণুকরণ এন্‌থালপি ব্যবহার করে বন্ধন এন্‌থালপি গণনা করা যায়। একটি যৌগে একাধিক এক জাতীয় বন্ধন থাকলে; গড় বন্ধন এন্‌থালপি = বিযোজন এন্‌থালপি ÷ বন্ধন সংখ্যা।

∴ বন্ধন এন্‌থালপি = [ ঊর্ধ্বপাতন এন্‌থালপি + পরমাণুকরণ এন্‌থালপি– গঠন এন্‌থালপি] ÷ বন্ধন সংখ্যা

উদাহরণস্বরূপ, $CH_4$ এর C—H বন্ধন এন্‌থালপি হিসাব করা যায়, এক্ষেত্রে নিম্নরূপ বিক্রিয়া সংঘটিত হবে।

(i) $C$ (গ্রাফাইট) $\longrightarrow C(g)$ ; ∴ ঊর্ধ্বপাতন এন্‌থালপি, $\Delta H = 717.02\ kJmol^{-1}$

(ii) $2H_2(g) \longrightarrow 4H(g)$ ; ∴ পরমাণুকরণ এন্‌থালপি, $\Delta H = (2 \times 435.5) = 871.0\ kJ$

(iii) $2H_2(g) + C$ (গ্রাফাইট) $\longrightarrow CH_4(g)$ ; ∴ গঠন এন্‌থালপি, $\Delta H = -75{\cdot}09\ kJmol^{-1}$

সুতরাং $CH_4$ (g) এর বিযোজনের বেলায়; $CH_4(g) \longrightarrow C(g) + 4H(g)$

∴ $CH_4(g)$-এর বিযোজন এন্‌থালপি, $\Delta H$ = (ঊর্ধ্বপাতন এন্‌থালপি + পরমাণুকরণ এন্‌থালপি–গঠন এন্‌থালপি)

$= (717.02 + 871.0) - (-75.09) = 1662.11\ kJmol^{-1}$

অতএব, C–H বন্ধন এন্‌থালপি = (1662.11 ÷ 4) [ যেহেতু $CH_4$–এ চারটি C–H আছে ]।

$= 430.53\ kJmol^{-1}$

যে সব যৌগে C—H বন্ধন ছাড়াও C– O বা, C– C বা অন্য কোন বন্ধন আছে তাদের বন্ধন এন্‌থালপি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে হিসাব করা যায় ঃ

বন্ধন এন্‌থালপি $\Delta H$ = কার্বন (গ্রাঃ) এর ঊর্ধ্বপাতন এন্‌থালপি + অন্যান্য মৌলের পরমাণুকরণ এন্‌থালপি – যৌগের গঠন এন্‌থালপি – ( C–H বন্ধন এন্‌থালপি × C– H বন্ধন সংখ্যা )

**(খ) বন্ধন এন্‌থালপির সাহায্যে বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয় ঃ** সকল যৌগেই একটি নির্দিষ্ট বন্ধন শক্তি প্রায় সমান। এর উপর ভিত্তি করে যে কোন যৌগের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের বন্ধন শক্তি থেকে উৎপাদের বন্ধন শক্তি বিয়োগ করে বিক্রিয়া এন্‌থালপি হিসাব করা যায়। এ পদ্ধতিটি মূলত সমযোজী বন্ধনবিশিষ্ট গ্যাসীয় বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায়।

**উদাহরণ ১০।** নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় বন্ধন শক্তি ব্যবহার করে বিক্রিয়া–এন্‌থালপি হিসাব কর।

$$CH_4(g) + Cl_2(g) \longrightarrow CH_3Cl + HCl$$

দেয়া আছে C–H বন্ধন শক্তি $430.53\ kJmol^{-1}$, Cl-Cl বন্ধন শক্তি $242.90\ kJmol^{-1}$ এবং C-Cl বন্ধন শক্তি $328\ kJmol^{-1}$। H–Cl বন্ধন শক্তি $433\ kJmol^{-1}$।

**সমাধান ঃ প্রদত্ত বিক্রিয়ার বন্ধন এন্‌থালপি নিম্নরূপ ঃ**

| বিক্রিয়ক | কিলোজুল (kJ) | উৎপাদ | কিলোজুল (kJ) |
|---|---|---|---|
| 4C–H | 4(430.53) = 1722.12 | 3C–H | (3 ×430.53) = 1291.59 |
| 1Cl – Cl | 242.90 | 1C – Cl | 328 |
| | 1965.02 | 1H – Cl | 433 |
| | | | 2052.59 |

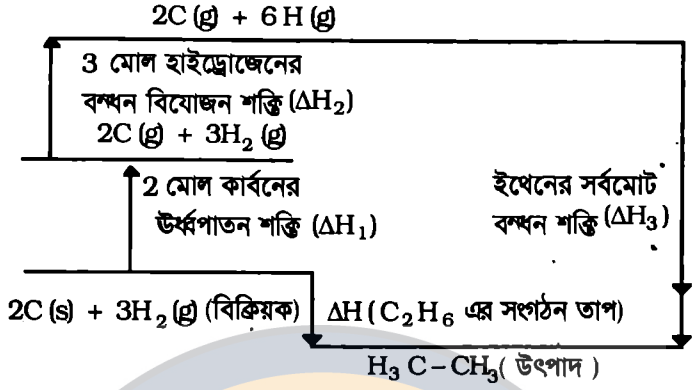
∴ বিক্রিয়া–এন্‌থালপি, $\Delta H = (1965.02 - 2052.59)\ kJmol^{-1} = -87.57\ kJmol^{-1}$

**উদাহরণ ১১। কার্বনের ঊর্ধ্বপাতন তাপ $717.02\ kJmol^{-1}$, $H_2$ এর পরমাণুকরণ তাপ $435.5\ kJ\ mol^{-1}$, C-C বন্ধন এনথালপি $343.9\ kJmol^{-1}$ এবং C-H বন্ধন এনথালপি 430.53 হলে ইথেনের সংগঠন তাপ হিসাব কর।**

**সমাধান ঃ** ইথেনের সংগঠন বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ $2C(s) + 3H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g)$

http://pdfcorner.com

এক্ষেত্রে 2 mol কার্বনের উর্ধ্বপাতন ঘটে ও তিনটি H–H বন্ধন ভেঙে যায়। একটি C–C বন্ধন ও ছয়টি C–H বন্ধন সৃষ্টি হয়। নিম্নের এনথালপি চিত্রে এ বিক্রিয়াটি সংঘটনের বিভিন্ন ধারা দেখানো হয়েছে।




হেসের সূত্র অনুযায়ী এনথালপি চিত্র হতে বোঝা যায়, $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ [এখানে $\Delta H_1$ ও $\Delta H_2$ এর ধনাত্মক মান ও $\Delta H_3$ এর ঋণাত্মক মান নিতে হবে।]

সুতরাং বন্ধন এন্থালপি নিম্নরূপে হিসাব করা যায় –

| বিক্রিয়ক | কিলোজুল (kJ) | উৎপাদ | কিলোজুল (kJ) |
|---|---|---|---|
| $2C(s) \longrightarrow 2C(g)$ $2\times717.02$ | = 1434.04 ($\Delta H_1$) | 1C – C | 343.9 |
| $3H—H(g) \longrightarrow 6H(g)$ $3\times435.5$ = | 1306.5 ($\Delta H_2$) | 6 C–H $6\times430.53$ = | 2583.18 |
| | 2740.54 | | 2937.08 ($\Delta H_3$) |

অতএব, 1 মোল ইথেনের গঠন এন্থালপি,

$\Delta H$ = (2740.54) – 2937.08)

= – 196.54 $kJmol^{-1}$।

সারণি ৭.২ঃ গড় বন্ধন এন্থালপি

| বন্ধন | $kJmol^{-1}$ | বন্ধন | $kJmol^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| H – H | 435.5 | Cl – Cl | 242.90 |
| H – F | 564 | O = O | 498.4 |
| H – Cl | 433 | O – H | 462.5 |
| H – Br | 366 | N – H | 391 |
| H – I | 299 | C – C | 343.9 |
| C – H | 430.53 | C = C | 615 |
| C – Cl | 328 | C ≡ C | 812 |
| | | C = O | 724 |

## ৭.১৯। এন্থালপির পরিবর্তনের চিহ্ন সর্বদা স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনের দিক নির্দেশ করে না

**The Sign of Change of Enthalpy does not always Indicate the Direction of Spontaneous Change**

যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে সংঘটিত হয় তাদের প্রায় সব ক্ষেত্রে এন্থালপির পরিবর্তন অর্থাৎ **$\Delta H$ ঋণাত্মক হয়।** যেমন বিভিন্ন দহন তাপ, অম্লক্ষার প্রশমন তাপ প্রভৃতিতে $\Delta H$ এর মান ঋণাত্মক। এন্থালপির পরিবর্তন ঋণাত্মক হলেই সে পরিবর্তন স্বতঃস্ফূর্ত হবে; প্রকৃতপক্ষে তা সঠিক নয়। কোন কোন স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনের ক্ষেত্রে এন্থালপির পরিবর্তন ধনাত্মকও হয়। উদাহরণস্বরূপ—



http://pdfcorner.com

উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া গ্যাসের স্বতঃস্ফূর্ত বিযোজন দ্বারা $N_2$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং এতে এনথালপি পরিবর্তন ধনাত্মক হয়।

$$2\,NH_3\,(g) \longrightarrow N_2\,(g) + 3H_2\,(g)\,; \qquad \Delta H = +92.2\ kJ$$

একইভাবে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উচ্চ তাপমাত্রায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিযোজিত হয়ে $SO_2$ গ্যাস ও $O_2$ উৎপন্ন করে। এ বিক্রিয়ায় এন্‌থালপির পরিবর্তন ধনাত্মক।

$$2SO_3\,(g) \longrightarrow 2SO_2\,(g) + O_2\,(g)\,; \qquad \Delta H = +192.5\ kJ$$

[ বিঃ দ্রঃ প্রকৃতপক্ষে তাপ রাসায়নিক গতিবিদ্যায় আরেকটি পদ 'মুক্ত শক্তি', G আছে। কোন বিক্রিয়ায় $\Delta G$ এর মান ঋণাত্মক হলেই বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্ত হবে; নতুবা নয়। [ তবে এটি বর্তমান উঃ মাঃ সিলেবাসের বাইরে। ]

## ৭.২০। শিল্প-পদ্ধতির অত্যানুকূল অবস্থা নির্ধারণে সংশ্লিষ্ট শক্তির পরিবর্তনসমূহের গুরুত্ব

**Importance of Changes of Related Energies in Determining the Optimum Condition in Industrial Process.**

বিভিন্ন শিল্প কারখানায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন করা হয়। যে কোন শিল্পে কোন বস্তু উৎপাদনই সবচেয়ে বড় কথা নয়, সে বস্তুটিকে যথাসম্ভব কম খরচে বেশি পরিমাণে উৎপাদনও বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। তাই যে কোন শিল্প কারখানায় অত্যানুকূল অবস্থা বলে একটি অবস্থা থাকে, যে শর্তে কোন বিক্রিয়া চালালে সবচেয়ে লাভজনক অবস্থা সৃষ্টি হয়। এ অবস্থা অনেক শর্তের উপর নির্ভরশীল। এ ব্যাপারে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন শক্তির পরিবর্তনসমূহও গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। শিল্পক্ষেত্রে লাভজনক উৎপাদনের জন্য বিক্রিয়ার তাপশক্তির সঠিক ব্যবহারের কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেয়া হল ঃ

**(ক) যে সব বিক্রিয়ার এন্‌থালপির পরিবর্তন ঋণাত্মক,** উচ্চ তাপমাত্রায় তাদের উৎপাদনের শতকরা হার কম হয়, যদিও উৎপাদন দ্রুত হয়। ফলে সুবিধাজনক একটি তাপমাত্রা বেছে নিতে হয়, যেন উৎপাদনের শতকরা হার খুব কম না হয়, আবার উৎপাদনের বেগ মোটামুটি দ্রুত হয়। যেমন,

(১) **$NH_3$ উৎপাদন ঃ** নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ উৎপাদনের ক্ষেত্রে 400°—500°C অত্যানুকূল তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়। এর চেয়ে কম তাপমাত্রা ব্যবহৃত হলে বিক্রিয়ার বেগ খুব কম থাকে, এর চেয়ে উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার শতকরা উৎপাদন অনেক কম হয়, খরচও বাড়ে। $N_2(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$ $\Delta H = -92.2$ kJ (বা, $-46.1 kJmol^{-1}$)

(২) **$H_2SO_4$ উৎপাদন ঃ** স্পর্শ পদ্ধতিতে $SO_2$ গ্যাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে $SO_3$ গ্যাসে পরিণত করা হয়। এটি একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া।

$$2SO_2\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2SO_3\,(g) \qquad \Delta H = -192.5\ kJ\ (বা, -96.25\ kJmol^{-1})$$

এক্ষেত্রে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ $SO_3$ উৎপাদনের জন্য 400 – 540°C অত্যানুকূল তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়।

**(খ) যে রাসায়নিক শিল্পে তাপের শোষণ ও তাপের উৎপাদনসহ** একাধিক ধাপে উৎপাদন ঘটে, সে সব ক্ষেত্রে উৎপাদিত তাপ পরবর্তী তাপের শোষণ ধাপে ব্যবহার করা হয়। যেমন,

(১) রাসায়নিক শিল্পে মিথেন ($CH_4$) থেকে মিথানল ($CH_3OH$) উৎপাদন নিম্নোক্ত দুই ধাপে করা হয়।

১ম ধাপ ঃ $CH_4\,(g) + H_2O(g) \longrightarrow CO\,(g) + 3H_2\,(g)$ $\Delta H = +200$ kJ

২য় ধাপ ঃ $CO\,(g) + 2H_2\,(g) \longrightarrow CH_3OH\,(l)$ $\Delta H = -96.0$ kJ

সমীকরণ মতে ১ম ধাপ তাপহারী এবং ২য় ধাপ তাপোৎপাদী। তাই $CH_3OH$ উৎপাদনে উভয় ধাপের বিক্রিয়া পাশাপাশি প্রক্রিয়ায় চালানো হয়। তখন ২য় ধাপে নির্গত তাপশক্তি ১ম ধাপে ব্যবহার করে উৎপাদন ব্যয় কমানো হয়।

**(গ) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জ্বালানি থেকে উৎপাদিত তাপশক্তি** বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। যেমন কয়লা দহনে যে তাপশক্তি পাওয়া যায়, তা ব্যবহার করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা হয়।

http://pdfcorner.com

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **রাসায়নিক পরিবর্তন ঃ** যে পরিবর্তনের ফলে কোন পদার্থের অণুসমূহের উপাদান ও অণুর গঠন প্রকৃতির স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে এবং সম্পূর্ণ নতুন ধর্ম বিশিষ্ট অন্য পদার্থে পরিবর্তিত হয়, তাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে। প্রত্যেক রাসায়নিক পরিবর্তনে **এন্‌থালপির পরিবর্তন ঘটে**। তাপের শোষণ বা বর্জনের উপর ভিত্তি করে রাসায়নিক পরিবর্তনকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। (১) **তাপোৎপাদী পরিবর্তন** (২) **তাপহারী পরিবর্তন**।

✪ **তাপোৎপাদী পরিবর্তন ঃ** যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপ শক্তির উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তাকে তাপোৎপাদী পরিবর্তন বলে।

✪ **তাপহারী পরিবর্তন ঃ** যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপশক্তি শোষিত হয় এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পায় তাকে তাপহারী পরিবর্তন বলে।

✪ **এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ ঃ** কোন সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (U) এর সাথে PV শক্তি যোগ করলে যে শক্তি হয় তাকে সিস্টেমের এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ বলে। একে H দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এন্‌থালপি একটি তাপগতীয় অপেক্ষক অর্থাৎ এর মান পথের উপর নির্ভর করে না (যেমন হেসের সূত্রের ব্যাখ্যা)।

✪ **তাপ পরিবর্তনের একক ঃ** রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপশক্তির পরিবর্তন মাপার একক হচ্ছে জুল (Joule)। ১ ভোল্ট বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্যে ১ কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে যে পরিমাণ শক্তি উৎপাদিত হয়, তাকে ১ জুল বলে। বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তনের পরিমাণকে কিলোজুলে (kJ) লেখা হয়। 1cal = 4.184 Joule।

✪ **বিভিন্ন ধরনের তাপ পরিবর্তন ঃ** প্রক্রিয়ার ধরন অনুসারে তাপ পরিবর্তনকেও বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন– সংগঠন তাপ, দহন তাপ, প্রশমন তাপ।

✪ **গঠন তাপ ঃ** প্রমাণ অবস্থায় কোন যৌগের উপাদান মৌলসমূহ থেকে এর এক মোল উৎপাদনকালে এন্‌থালপি (H) এর যে পরিবর্তন ঘটে তাকে যৌগটির গঠন তাপ বা গঠন এন্‌থালপি বলে। 25°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে গঠন এন্‌থালপিকে $H^\circ_f$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

✪ **দহন তাপ ঃ** নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে 1 মোল কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে অক্সিজেনে সম্পূর্ণভাবে দহন করলে এন্‌থালপির যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে দহন তাপ বা দহন এন্‌থালপি বলে। প্রমাণ অবস্থায় কোন পদার্থের এক মোলকে অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে এন্‌থালপির যে পরিবর্তন ঘটে তাকেই ঐ পদার্থের প্রমাণ দহন তাপ বা প্রমাণ দহন এন্‌থালপি বলে। একে $\Delta H^\circ_C$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

✪ **দ্রবণ তাপ ঃ** একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যথেষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে এক মোল দ্রবকে দ্রবীভূত করে যদি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং তাতে যদি আরো দ্রাবক যোগ করেও তাপীয় অবস্থায় কোন পরিবর্তন ঘটানো না যায় তবে ঐ দ্রবণ প্রস্তুত করতে তাপের যে পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে।

✪ **প্রশমন তাপ ঃ** 25°C তাপমাত্রায় এসিড প্রদত্ত 1 mol $H^+$ কে ক্ষারকের লঘু দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করে 1 mol পানির উৎপন্ন হওয়ার কালে যে পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়, তাকে প্রশমন তাপ বা প্রশমন এন্‌থালপি বলে। সকল তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপের মান সমান এবং তা –57.34 kJ।

✪ **হেসের সূত্র ঃ** " যদি প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থা স্থির থাকে তবে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া এক বা একাধিক ধাপে সংঘটিত হোক না কেন প্রতি ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া এন্‌থালপি বা বিক্রিয়া তাপ সমান থাকবে।"

✪ **বন্ধন এন্‌থালপি বা বন্ধন শক্তি ঃ** 1 মোল পদার্থে বর্তমান একটি নির্দিষ্ট বন্ধনকে ভেঙে মুক্ত পরমাণু বা মূলকে পরিবর্তন করতে যে পরিমাণ গড় শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে বন্ধন এন্‌থালপি বা বন্ধন শক্তি বলে। বন্ধন এন্‌থালপিকে $\Delta H^\circ$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যে সব বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া এন্‌থালপি সরাসরি হিসাব করা যায় না বন্ধন এন্‌থালপির সাহায্যে তাদের বিক্রিয়া এন্‌থালপি হিসাব করা হয়।

http://pdfcorner.com

## অনুশীলনী–৭ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) এন্‌থালপি বা ধৃত তাপ বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১০]

(খ) দেখাও যে, স্থিরচাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এন্‌থালপি পরিবর্তনের সমান। [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]

(গ) এনথালপি কী? এর তাৎপর্য উল্লেখ কর। [ঢা. বো. ২০১০]

(ঘ) 'সকল রাসায়নিক পরিবর্তনই তাপীয় পরিবর্তনের মাধ্যমে ঘটে' –উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. ২০১০]

২। (ক) তাপ রসায়নের ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৮]

(গ) তাপ রসায়নের সূত্রদ্বয় বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১০]

(ঘ) ধীরগতিতে বা শ্লথ গতির কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ তুমি কীভাবে নির্ণয় করতে পার? একটি উদাহরণ দিয়ে তা আলোচনা কর।

৩। (ক) বিক্রিয়া এন্‌থালপি থেকে যৌগের গঠন এন্‌থালপি কিরূপে গণনা করা যায়, তা উদাহরণসহ লেখ।

(খ) বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতির নাম উল্লেখ কর। পানি ক্যালরিমিটার পদ্ধতিতে কীভাবে বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয় করা যায় তা আলোচনা কর।

৪। (ক) প্রশমন তাপ বা এনথালপি বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১০ ]

(খ) সকল তীব্র এসিড ও সকল তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপ ধ্রুবক কেন? [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৮; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১১]

(গ) 'মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপের মান ধ্রুবক নয়'–কেন? [য. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০]

(ঘ) NaOH ও HF এর প্রশমন তাপের মান সাধারণ মান (– 57.34 kJ) এর চেয়ে বেশি হয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০১০; য. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৯, ২০১১]

৫। ক্যালরিমিতীয় পদ্ধতিতে তুমি কীভাবে তীব্র এসিড ও ক্ষারের প্রশমন তাপ নির্ণয় করবে?

৬। (ক) দ্রবণ তাপ বা এনথালপি কী?

(খ) লবণের দ্রবণ তাপ কীভাবে নির্ণয় করা যায়?

৭। (ক) বন্ধন শক্তি কী?

(খ) বন্ধন শক্তি বা বন্ধন এনথালপির সাথে বিক্রিয়া এন্‌থালপির সম্পর্ক কী?

৮। বন্ধন এন্‌থালপির সাহায্যে কীভাবে বিক্রিয়া এন্‌থালপি নির্ণয় করা যায়, তা উদাহরণসহ দেখাও।

৯। প্রশমন এনথালপির সাহায্যে কীভাবে আয়নীকরণ এন্‌থালপি হিসাব করা যায়?

**সমাধান ঃ** প্রশমন এন্‌থালপির সাহায্যে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের এন্‌থালপি হিসাব করা যায়।

উদাহরণ স্বরূপ, $NH_4OH$ ও $HCl$ এর প্রশমন বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$NH_4OH + H^+ + Cl^- = NH_4^+ + Cl^- + H_2O;\ \Delta H = -51.04\ kJ$$

$NH_4OH$ মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় এটি সামান্য আয়নিত হয়; $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

http://pdfcorner.com

মনে করা যাক, আয়নীকরণ এন্থালপি = $\Delta H_1$ এ বিক্রিয়ার সাথে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি মিলিয়ে প্রথমোক্ত সামগ্রিক প্রশমন বিক্রিয়া পাওয়া যায়।

$$H^+ + OH^- + Cl^- = H_2O + Cl^-; \qquad \Delta H_2 = -57.32 \text{ kJ}$$

এখন হেসের সূত্রানুযায়ী, $\Delta H_1 = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -51.04 + (-57.32) = 6.28$ kJ

$\therefore$ $NH_4OH$ এর আয়নীকরণ এন্থালপি $= 6.28 \text{ kJmol}^{-1}$

## খ-বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। রাসায়নিক পরিবর্তন বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও।

২। তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ও তাপহারী বিক্রিয়া উদাহরণসহ আলোচনা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০]

৩। তাপ রাসায়নিক সমীকরণ কী? উদাহরণ দাও।

৪। সংজ্ঞা দাও ঃ (ক) বিক্রিয়াএন্থালপি, (খ) গঠন এন্থালপি, (গ) বাষ্পীয়করণ এন্থালপি, (ঘ) বন্ধন এন্থালপি।

৫। (ক) দহন তাপ বা এন্থালপি বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১১]

(খ) দহন এন্থালপির কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

## গ-বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা-৭

১। নিম্নলিখিত ডাটা থেকে NaOH এর গঠন এন্থালপি হিসাব কর।

$$Na(s) + H_2O(l) + aq \longrightarrow NaOH(aq) + \tfrac{1}{2}H_2(g); \quad \Delta H = -410.03 \text{ kJ}$$

$$H_2(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l); \quad \Delta H = -286.0 \text{ kJ}$$

$$NaOH(s) + aq \longrightarrow NaOH(aq); \quad \Delta H = -55.65 \text{ kJ}$$

[উ ঃ $\Delta H = -640.38 \text{ kJmol}^{-1}$]

২। HCN এবং NaOH এর প্রশমন এন্থালপি $-12.134 \text{ kJmol}^{-1}$। HCN এর আয়নীকরণ এন্থালপি কত? [উঃ $\Delta H_i = 45.206$ kJ]

৩। অ্যাসিটিলিন ($C_2H_2$) এর দহন তাপ $-1300 \text{ kJmol}^{-1}$; $CO_2(g)$ ও $H_2O(l)$ -এর গঠন তাপ যথাক্রমে $-406.13$ ও $-285.85 \text{ kJmol}^{-1}$ হলে অ্যাসিটিলিনের গঠন এন্থালপি হিসাব কর।

[উঃ $201.89 \text{ kJmol}^{-1}$] [ঢা. বো. ২০০৯]

৪। মিথেনের দহন তাপ $-902.83 \text{ kJmol}^{-1}$; $CO_2(g)$ ও $H_2O(l)$ এর গঠন তাপ যথাক্রমে $-406.13$ ও $-285.85 \text{ kJmol}^{-1}$ হলে $CH_4(g)$ এর গঠন তাপ হিসাব কর। [উ ঃ $-75 \text{ kJmol}^{-1}$] [রা. বো. ২০০২]

৫। (ক) কার্বন ডাইসালফাইড, কার্বন ও সালফারের দহন এনথালপির মান যথাক্রমে $-1109.17$, $-394.55$, $-297.39$ kJ হলে $CS_2$ এর গঠন এনথালপি নির্ণয় কর। [উঃ $+119.84 \text{ kJmol}^{-1}$] [চ. বো. ২০০৮, ২০১০]

(খ) কার্বন ডাইসালফাইড, কার্বন ও সালফারের দহন তাপের মান যথাক্রমে $-1100 \text{ kJmol}^{-1}$, $-400 \text{ kJmol}^{-1}$ এবং $-295 \text{ kJmol}^{-1}$ হলে কার্বন ডাইসালফাইডের গঠন তাপ কত হবে?

[উঃ $+110 \text{ kJmol}^{-1}$] [সি. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৬]

৬। কার্বন ডাইঅক্সাইড ও পানির সংগঠন এনথালপি যথাক্রমে $-393.1$ kJ ও $-286.0$ kJ এবং বেনজিন ($C_6H_6$) এর প্রমাণ দহন তাপ $-3266$ kJ হলে বেনজিনের সংগঠন এনথালপি নির্ণয় কর।

[উঃ $+49.4$ kJ]

http://pdfcorner.com

৭। মিথেনের দহন তাপ $-890.3\ kJmol^{-1}$ হলে 1335.45 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কত গ্রাম মিথেন ($CH_4$) এবং STP তে কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হবে? [ উঃ 24 g, 67.2 L]

[ চ. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১১ ]

৮। অ্যাসিটিলিন ($C_2H_2$), $H_2$ ও ইথিলিন ($C_2H_4$) এর দহন তাপ যথাক্রমে –1299, –286.18 এবং –1411 $kJmol^{-1}$ হলে $C_2H_2$ থেকে $C_2H_4$ প্রস্তুতির বিক্রিয়া এন্থালপি নির্ণয় কর। [ উঃ –174.18 kJ]

৯। অ্যাসিটিক এসিড, কার্বন ও হাইড্রোজেনের প্রমাণ দহন তাপ যথাক্রমে – 871.5 kJ, – 393.7 kJ এবং –285.85 kJ । এ সব উপাত্ত থেকে অ্যাসিটিক এসিডের গঠন তাপ নির্ণয় কর। [ উঃ – 487.6 $kJmol^{-1}$]

[ ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৮, ২০১০; দি. বো. ২০০৯ ]

১০। $CH_4(g)$, $C_2H_6(g)$, $CO_2(g)$ এবং $H_2O(g)$ এর প্রমাণ গঠন এনথালপি যথাক্রমে –74.89 , – 84.52, – 393.30 এবং –220.20 $kJmol^{-1}$ । প্রদত্ত ডাটার সাহায্যে হিসাব করে জ্বালানি হিসেবে $CH_4$ এবং $C_2H_6$ গ্যাসের মধ্যে কোনটি অধিক উপযোগী হবে তা ব্যাখ্যা কর। [ রা. বো. ২০০৫ ]

[ উঃ $CH_4$ এর দহন তাপ –47.43 kJ/g, $C_2H_6$ এর দহন তাপ –45.42 kJ/g। সুতরাং $CH_4$ অধিক উপযোগী ]

১১। নিম্নে প্রদত্ত তথ্য থেকে প্রতি মোল C–C বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর। এক্ষেত্রে C–H বন্ধন শক্তি 416 $kJmol^{-1}$

$2C(s) + 3H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g)$ $\Delta H = -84.67$ kJ

$C(s) \longrightarrow C(g)$ $\Delta H = +710.70$ kJ

$H_2(g) \longrightarrow 2H(g)$ $\Delta H = +435.90$ kJ [ উঃ 317.77 $kJmol^{-1}$]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তনে রূপান্তরের ধারা মতে তাপের পরিবর্তন ঘটে। অবস্থার উপর নির্ভর করে বিক্রিয়া তাপ পরিবর্তনকে $\Delta U$ অথবা, $\Delta H$ রাশি দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায়ও তাপের উদ্‌গিরণ ঘটে।

(ক) নিউক্লীয় বিক্রিয়া কী? উদাহরণসহ লেখ। ১

(খ) বিক্রিয়া তাপ বলতে কী বুঝ? $\Delta U$ ও $\Delta H$ রাশি দুটির মধ্যে পার্থক্য কী? রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির রূপান্তরের একক কী? এর সংজ্ঞা লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান। কখন $\Delta U$ ও $\Delta H$ সমান হয়? ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, এনথালপি পরিবর্তন ($\Delta H$) এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। মিথেনের দহন এনথালপি – 890.3 $kJmol^{-1}$ হলে 1335.45kJ তাপ উৎপন্ন করতে তোমার কত গ্রাম মিথেন গ্যাস এবং STP তে কত লিটার অক্সিজেন পূর্ণ দহনের জন্য প্রয়োজন হবে; তা দহন এনথালপির সংজ্ঞা মতে নির্ণয় কর। ৪

২। রাসায়নিক পরিবর্তনে বিভিন্ন প্রকার এনথালপি পরিবর্তনের সংজ্ঞা দেওয়া হয়, যেমন বন্ধন শক্তি বা এনথালপি, প্রমাণ গঠন এনথালপি, প্রমাণ বিক্রিয়া এনথালপি। নিচে একটি তাপ রাসায়নিক সমীকরণ দেয়া হল ঃ

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H = -244\ kJ\ mol^{-i}$$

(ক) নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়া কী? ১

(খ) ধৃত তাপ বা এনথালপি বলতে কী বোঝায়? এর মান কখন ধনাত্মক ও ঋণাত্মক হয়? ২

http://pdfcorner.com

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রমাণ গঠন এনথালপি কী? প্রমাণ গঠন এনথালপি ও দহন এনথালপির সাহায্যে হেসের সূত্রটি প্রমাণ কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের বন্ধন শক্তি কী? H—H, O═O এবং O—H এর বন্ধন শক্তি যথাক্রমে 435, 498 ও 464 $kJmol^{-1}$ ধরে নিচের বিক্রিয়ার এনথালপি $\Delta H$ এর মান প্রমাণ কর। পানির বাষ্পীভবন তাপ 40 kJ.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -284\ kJmol^{-1}$$

"প্রদত্ত বিক্রিয়ার $\Delta H$ এর মান $H_2O$ এর বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় অভ্যন্তরীণ শক্তির উপর নির্ভর করে।"—এর সত্যতা বিশ্লেষণ কর। ৪

[উল্লেখ্য $H_2O(g)$ এর অভ্যন্তরীণ শক্তি ও $H_2O(l)$ এর অভ্যন্তরীণ শক্তির পার্থক্য 40 kJ.]

৩। অক্সিজেন ছাড়া দহন ঘটে না। রান্নার চুল্লিতে প্রাকৃতিক গ্যাস জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। দহন বিক্রিয়ায় তাপ শক্তির এককরূপে ক্যালরি ও জুল ব্যবহৃত হয়। $H_2(g)$ ও $O_2(g)$ এর দহনে পানি উৎপন্ন হয়। এ দহন বিক্রিয়াটি পাঠ্যপুস্তকে নিম্নোক্ত দু'ভাবে লেখা হয় ঃ

(A) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_1 = X\ kJ$

(B) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = (X - 40)\ kJ$

উভয় তাপ রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে সুস্পষ্ট যে, বিক্রিয়ক ও উৎপাদের প্রমাণ গঠন তাপ একই হলেও ভৌত অবস্থাভেদে বিক্রিয়ার তাপ পরিবর্তন অর্থাৎ $\Delta H$ এর মান ভিন্ন হতে পারে।

(ক) আয়নীকরণ শক্তি কী? দহন বিক্রিয়ায় তাপ শক্তির এককরূপে ক্যালরি ও জুল ব্যবহৃত হয়। ১

(খ) প্রমাণ দহন এনথালপি কী? চুল্লিতে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটির তাপ রাসায়নিক সমীকরণ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, $\Delta H_1$ ও $\Delta H_2$ এর মান গণনা কর। এক্ষেত্রে বন্ধন শক্তি H—H, O═O ও O—H এর মান যথাক্রমে 435, 498 ও 464 $kJ\ mol^{-1}$। ক্যালরি ও জুলের সম্পর্ক লেখ। ৩

[উঃ $\Delta H_1 = 244$ kJ, $\Delta H_2 = 284$ kJ]

(ঘ) উদ্দীপক মতে, প্রমাণ গঠন তাপ কী? অ্যাসিটিক এসিড, কার্বন ও $H_2$ এর দহন তাপ যথাক্রমে −871.5kJ, − 393.7kJ এবং −285.85kJ। এ সব উপাত্ত থেকে অ্যাসিটিক এসিডের গঠন তাপ নির্ণয় কর। ৪

৪। পরীক্ষাগারে $KNO_3$ এর দ্রবণ তাপ নির্ণয়ের জন্য 10.1g $KNO_3$ কে 89.9 g পানিতে দ্রবীভূত করে দেখা গেল পানির তাপমাত্রা 32°C থেকে 23.5°C হয়েছে। পরের ক্লাশে HCl (aq) ও NaOH (aq) ও এর প্রশমন তাপ $-57.32\ kJmol^{-1}$ নির্ণয় করেছে। বিশুদ্ধ NaCl এর কেলাস তৈরিতে দ্রবণকে তাপ দিতে স্পিরিট ল্যাম্পে ব্যবহৃত জ্বালানিরূপে ইথানলের দহন তাপ ব্যবহার করেছে। এসব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপশক্তির রূপান্তর ঘটেছে।

(ক) দ্রবণ তাপ কী? ১

(খ) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রশমন তাপ কী? সবল এসিড ও সবল ক্ষার দ্রবণের প্রশমন তাপ $-57.32\ kJ\ mol^{-1}$; কিন্তু HF (aq) ও NaOH (aq) এর প্রশমন তাপ $-68.8\ kJ\ mol^{-1}$ হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের ডাটা ব্যবহার করে $KNO_3$ এর দ্রবণ তাপ নির্ণয়ের মূলনীতি, বর্ণনা ও গননা কর। আবার প্রমাণ অবস্থায় ইথানল, $CO_2(g)$ ও $H_2O(g)$ এর গঠন তাপ যথাক্রমে $-278.1kJmol^{-1}$ 393.5 kJ $mol^{-1}$ এবং $-286\ kJmol^{-1}$ হলে ইথানলের দহন তাপ বের কর। ৪

http://pdfcorner.com

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। কোন্‌টি পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার কালে পানি গরম হয়?

(ক) $KNO_3$ (খ) অক্সালিক এসিড (গ) CaO (ঘ) $Ca(OH)_2$

২। তাপোৎপাদী পরিবর্তনে পদার্থের মধ্যে নিচের কোন্‌টি ঘটে?

(ক) অভ্যন্তরীণ শক্তি বাড়ে (খ) অভ্যন্তরীণ শক্তি কমে (গ) অভ্যন্তরীণ শক্তি ঠিক থাকে (ঘ) কোন্‌টি নয়

৩। তাপ–বিযোজন বিক্রিয়ায় কোন্‌টি ঘটে?

(ক) তাপ শোষিত হয় (খ) তাপ নির্গত হয় (গ) অভ্যন্তরীণ শক্তি ঠিক থাকে (ঘ) কোন্‌টি নয়

৪। প্রশমন বিক্রিয়ায় নিচের কোন্‌টি ঘটে?

(ক) তাপ শোষিত হয় (খ) তাপ নির্গত হয় (গ) $\Delta H$ ধনাত্মক হয় (ঘ) $\Delta V = 0$

৫। নিচের কোন্‌টি সঠিক তাপ রাসায়নিক সমীকরণ ?

(ক) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$ $\Delta H = -286$ kJ

(খ) $H_2O(l) \longrightarrow H_2O(vap)$ $\Delta H = +40.7$ kJ

(গ) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = +393.5$ kJ

(ঘ) $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$ $\Delta H = -281$ kJ

৬। নিচের কোন্‌টি পরমাণুকরণ এনথালপি ?

(ক) $C$ (গ্রাফাইট) $\longrightarrow C(g)$ $\Delta H = +712.02$ kJ

(খ) $H_2(g) \longrightarrow 2H(g)$ $\Delta H = +435.5$ kJ

(গ) $2H_2(g) + C(g) \longrightarrow CH_4(g)$ $\Delta H = -75.09$ kJ

(ঘ) $CH_4(g) \longrightarrow CH_3(g) + H(g)$ $\Delta H = +427$ kJ.

৭। বন্ধন ভাঙ্গান প্রক্রিয়া নিচের কোন্‌টি হবে?

(ক) পরমাণুকরণ (খ) তাপোৎপাদী প্রক্রিয়া (গ) তাপহারী প্রক্রিয়া (ঘ) বিযোজন

৮। বন্ধন গঠন প্রক্রিয়া নিচের কোন্‌টি হবে?

(ক) সংযোজন (খ) তাপহারী প্রক্রিয়া (গ) তাপোৎপাদী (ঘ) সমযোজী প্রক্রিয়া

৯। তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষর দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ার এনথালপির মান হল –

(ক) $+57.34$ kJ mol $^{-1}$ (খ) $-57.34$kJmol $^{-1}$

(গ) $-68.6$kJmol$^{-1}$ ঘ) $55.14$kJmol$^{-1}$

১০। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে মূল পরিবর্তন ঘটে কোন্‌টির?

(ক) অভ্যন্তরীণ শক্তি (খ) বন্ধন শক্তি (গ) গতি শক্তি (ঘ) স্থিতিশক্তি

১১। কোন্ পদার্থের 1 mol তার উপাদান মৌল থেকে উৎপন্ন করতে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তাকে কী বলে?

(ক) দহন তাপ (খ) বন্ধন তাপ (গ) গঠন তাপ (ঘ) বিক্রিয়া তাপ

http://pdfcorner.com

১২। 1kg পানির তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি পেলে এক্ষেত্রে তাপের পরিমাণের পরিবর্তন ঘটে কোন্‌টি?
(ক) $\Delta H = +1$ kc (খ) $\Delta H = -1$kc (গ) $\Delta H = +4$kJ (ঘ) $\Delta H = -4$kJ

১৩। Cl এর ইলেকট্রন আসক্তির মান কোন্‌টি হবে?
(ক) $\Delta H = +348$ kJ mol$^{-1}$ (খ) $\Delta H = -348$kJ mol$^{-1}$
(গ) $\Delta H = +494$ kJmol$^{-1}$ (ঘ) $\Delta H = -494$ kJmol$^{-1}$

১৪। Na এর আয়নীকরণ এনথালপির মান কোন্‌টি হবে?
(ক) $\Delta H = +494$ kJ mol$^{-1}$ (খ) $\Delta H = -494$kJ mol$^{-1}$
(গ) $\Delta H = -760$ kJmol$^{-1}$ (ঘ) $\Delta H = -760$ kJmol$^{-1}$

১৫। কার্বনের দহন তাপের মান কোন্‌টি হবে?
(ক) $-393.5$kJmol$^{-1}$ (খ) $+393.5$ kJmol$^{-1}$
(গ) $-57.34$kJmol$^{-1}$ (ঘ) $-157$ kJmol$^{-1}$

**খ –১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। গ, ২। খ, ৩। ক, ৪। খ, ৫। ক, ৬।খ, ৭।গ, ৮।গ, ৯। খ, ১০।ক, ১১। গ, ১২। ক,১৩। খ, ১৪। ক, ১৫। ক।

## খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ)
## ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ স্তরভিত্তিক

১। প্রতিটি অম্ল–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়াটি হয় –
(i) তাপোৎপাদী (ii) তাপহারী (iii) $\Delta H$ ঋণাত্মক
সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?
(ক) (i) ও (iii) (খ) (iii) (গ) (ii) (ঘ) (i) , (ii) , (iii)

২। কার্বনের দহন বিক্রিয়াটি হল ঃ $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = -393.5$ kJ
এ বিক্রিয়াটির সঠিক পূর্ণাঙ্গ অর্থ কোন্‌টি
(i) 1 মোল C এবং 1 মোল $O_2$ এর বিক্রিয়ায় 1 মোল $CO_2$ উৎপন্ন হয়।
(ii) 1 mol C ও 1 mol $O_2$ এর বিক্রিয়ায় 1 mol $CO_2$ ও 393.5 kJ তাপ উৎপন্ন হয়।
iii) $CO_2$ গ্যাসের গঠন এন্‌থালপি ঋণাত্মক।
সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) (ঘ) (i)

৩। $CH_3Cl(l) + Cl_2(g) \longrightarrow CH_2Cl_2(l) + HCl(g)$ ; এ বিক্রিয়ায় বন্ধন ভাঙ্গান ও বন্ধন গঠন ঘটেছে। বন্ধন ভাঙ্গান তাপহারী ও বন্ধন গঠন তাপোৎপাদী। দেওয়া হল ঃ C–H, C–Cl, Cl–Cl এবং HCl এর বন্ধন শক্তি যথাক্রমে 430, 328, 243 এবং 433 kJmol$^{-1}$ হলে উপরোক্ত বিক্রিয়ায় $\Delta H$ এর মান কত হবে?
(ক) 758 kJ (খ) –88 kJ (গ) –571 kJ (ঘ) 676 kJ

৪। 1 mol H–H বন্ধন ভাঙ্গাতে 435 kJ 1mol O=O বন্ধন ভাঙ্গাতে 498 kJ তাপ শক্তি শোষিত হয়। আবার 1mol O–H বন্ধন গঠনে 462.5 kJ তাপ–শক্তি নির্গত হলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়ায় $\Delta H$ এর মান কত হবে? $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$ $\Delta H = ?$
সঠিক উত্তর হবে—
(ক) +933 kJ (খ) +241 kJ (গ) –241 kJ (ঘ) –63 kJ



http://pdfcorner.com

৫। $HF\ (aq) + NaOH\ (aq) \longrightarrow Na^+\ (aq) + F^-\ (aq) + H_2O$ এ বিক্রিয়াটির প্রশমন তাপ –57.34kJ থেকে বৃদ্ধির কারণ–

(i) ছোট আকারের $F^-$ আয়নের সর্বাধিক পানিযোজন তাপ, (ii) এসিড ও ক্ষারের দ্রবণে পূর্ণ আয়নীকরণ, (iii) $F^-$ আয়নের উচ্চ চার্জ ঘনত্ব।

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৬। একটি বিক্রিয়ায় $\Delta H = -393.5\ kJ\ mol^{-1}$ হলে, এ থেকে বোঝা যায় –

(i) উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি < বিক্রিয়কসমূহের অভ্যন্তরীণ শক্তি, (ii) বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া, (iii) যৌগটির গঠন তাপ + 393.5k5

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (ii)

৭। পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি নির্ভর করে নিচের কোন্‌টি উপর –

(i) পদার্থের গঠন প্রকৃতি (ii) চাপের উপর (iii) তাপমাত্রার উপর

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৮। $N_2$ ও $O_2$ এর মিশ্রণকে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে –

(i) NO গ্যাস উৎপন্ন হয় (ii) তাপশোষী বিক্রিয়া (iii) তাপোৎপাদী বিক্রিয়া

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii), ও (iii)

**খ – ২ MCQ ঃ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ক) ২। (খ) ৩। (খ) ৪। (গ) ৫। (খ) ৬। (ঘ) ৭। (গ) ৮।(ক)।

**খ – ৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহু নির্বাচনি প্রশ্ন ঃ**

১। মিথেন ও অধিক পরিমাণ অক্সিজেনের বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (g)\ \Delta H = -890.3kJ$$

এ তথ্যভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) বিক্রিয়ায় যে বন্ধনগুলোর ভাঙ্গান ঘটেছে, তা হল –

(ক) চারটি C –H বন্ধন, দুটি O = O বন্ধন (খ) দুটি C = O, দুটি H–O বন্ধন

(গ) চারটি C-H বন্ধন, দুটি H–O বন্ধন (ঘ) চারটি C–H, দুটি C=O

(২) এ বিক্রিয়াটির বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল –

(i) বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী (ii) বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি > উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি

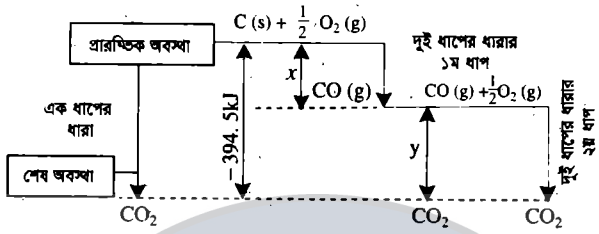
(iii) $CH_4$ এর জারণ ঘটেছে।

http://pdfcorner.com

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) , (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। কার্বনকে পুড়িয়ে $CO_2$ এ পরিণত করার দুটি ধারা চিত্রে দেখানো হল ঃ




উপরের চিত্রটি হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রকে প্রকাশ করে। এ চিত্র মতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) এক ধাপে সংঘটিত তাপ সংঘটিত তাপ রাসায়নিক সমীকরণটি নিচের কোন্‌টি হবে –

(ক) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ (খ) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

(গ) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) - 394 - 5\ kJ$ (ঘ) $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g),\ \Delta H = -394.5\ kJmol^{-1}$

(২) চিত্রের সাথে নিচের তথ্য সমূহের মিল করে পরের প্রশ্নের উত্তর দাও।

(i) শেষ ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হবে, $CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$, $\Delta H = 2ykJ$

(ii) শেষ ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হবে, $2CO(g) + O_2 = 2CO_2(g)$ $\Delta H = 2ykJ$

(iii) বিক্রিয়ায় Y এর মান – 283 kJ $mol^{-1}$ হলে, চিত্র মতে CO এর গঠন এনাথালপি হয় – 110.5k $Jmol^{-1}$

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ক (২) ক; ২। (১) ঘ, (২) ঘ।

http://pdfcorner.com

# ৮ তরল–তরল দ্রবণ
## LIQUID- LIQUID SOLUTION

বিষয়বস্তু ঃ

- সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল যুগলের দ্রবণ;
- রাউল্টের সূত্র;
- রাউল্টের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ও তার কারণ;
- বাষ্পচাপ–সংযুক্তির লেখচিত্রসমূহ;
- স্ফুটনাঙ্ক-সংযুক্তির লেখচিত্রসমূহ;
- আংশিক পাতন।

### ৮.১। ভূমিকা
**Introduction**

**তরল-তরল মিশ্রণ ঃ** তরল–তরল মিশ্রণগুলো প্রধানত দু শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়; যেমন **সমসত্ত্ব মিশ্রণ** ও **অসমসত্ত্ব মিশ্রণ**। যখন দুটি তরল সকল অনুপাতে নিজেদের মধ্যে মিশ্রিত হয়ে থাকে এবং উভয় তরলের মিশ্রণের সীমানা পৃথক করা যায় না, তাদের মিশ্রণকে তরল–তরল **সমসত্ত্ব মিশ্রণ** বলে। সমসত্ত্ব মিশ্রণের অপর নাম **দ্রবণ** (solution)। যেমন পানিতে অ্যালকোহলের মিশ্রণ হল একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ, তাই পানিতে অ্যালকোহলের মিশ্রণকে **অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ** বলা হয়। সমসত্ত্ব তরল–তরল মিশ্রণগুলো **সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল যুগলের** উদাহরণ।

অপরদিকে যখন দুটি তরল সকল অনুপাতে নিজেদের মধ্যে মিশ্রিত হয় না এবং উভয় তরলের মিশ্রণের মধ্যে সীমানা তৈরি করে একটি তরল অপর তরলের উপর ভাসতে থাকে তাদের মিশ্রণকে **অসমসত্ত্ব মিশ্রণ** বলে। যেমন পানিতে কেরোসিন বা হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ হল অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।

**পোলার তরল ও অপোলার তরল ঃ** ভৌত ধর্মের উপর ভিত্তি করে তরল পদার্থসমূহকে মোটামুটিভাবে দুভাগে ভাগ করা যায়— (১) পোলার ও (২) অপোলার। পোলার তরল পদার্থগুলোর অণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও ঋণাত্মক চার্জযুক্ত প্রান্ত থাকে। ফলে এদের অণুসমূহ পরস্পরের সাথে বিপরীত চার্জ মুখোমুখি সংবন্ধ অবস্থায় থাকার প্রবণতা দেখায়। এ ধরনের পোলার যৌগসমূহের মধ্যে পানি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। সমধর্মী পদার্থ সমধর্মী পদার্থে সহজেই দ্রবীভূত হয় (এ যেন like dissolves like)। **এ কারণে এ সব পোলার তরলকে পানির সদৃশ বা পানি জাতীয় তরল বলা হয়।** তাই পোলার তরল পানিতে অপর আংশিক পোলার তরল অ্যালকোহল সহজেই দ্রবীভূত হয়। অর্থাৎ পানি ও অ্যালকোহল মিশ্রণ একটি **সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল–তরল যুগল।**

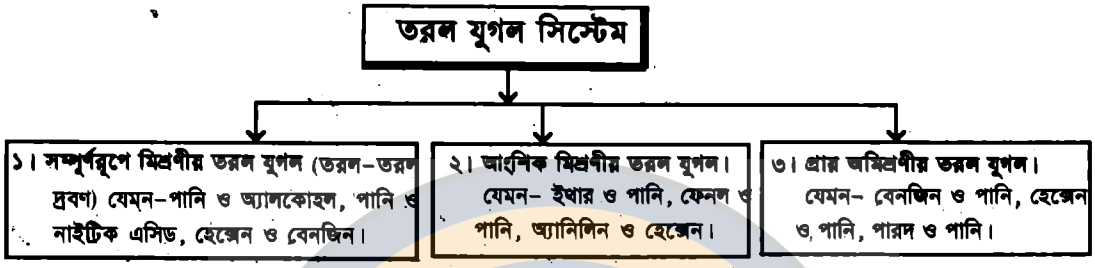
অপরদিকে অপোলার তরল যৌগসমূহে কোন পোলারিটি না থাকায় এদের অণুসমূহ মুক্ত অবস্থায় থাকে, অণুসমূহের মধ্যে অতি দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল বিদ্যমান। এরা সম্পূর্ণ সমযোজী তরল পদার্থ। যেমন, পেন্টেন, হেক্সেন, বেনজিন, টলুইন ইত্যাদি হাইড্রোকার্বনসমূহ। অবশ্য এ বিভাগ সুনির্দিষ্ট (sharp) নয়; অনেক তরল পদার্থ দুটি প্রান্তিক উদাহরণের মাঝখানে অবস্থান করে। এরা পরস্পরের সাথে **সকল অনুপাতে মিশ্রণীয়।**

অপরদিকে **বিপরীতধর্মী পোলার ও অপোলার তরল পদার্থসমূহ পরস্পরের সাথে অমিশ্রণীয়।** যেমন পানি পোলার এবং বেনজিন অপোলার হওয়ায় এরা পরস্পরের সাথে অমিশ্রণীয়। অবশ্য "অমিশ্রণীয়" পদটি সম্পূর্ণ সঠিক নয়, কেননা অমিশ্রণীয় তরল পদার্থসমূহ পরস্পরের ভেতর অতি অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত বা মিশ্রিত হয়।

http://pdfcorner.com

**সম্পূর্ণ মিশ্রণীয়** এবং **প্রায় অমিশ্রণীয় তরল যুগলের** মধ্যবর্তী আরেকটি সিস্টেম বিদ্যমান থাকে বলা যায়। **আংশিকভাবে মিশ্রণীয়,** যেমন সাধারণ তাপমাত্রায় পানি ও ফেনল পরস্পরের সাথে সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় নয়, কিন্তু পানিতে কিছুটা ফেনল দ্রবীভূত হয় এবং ফেনলে কিছুটা পানি।

**সুতরাং পারস্পরিক দ্রাব্যতার ভিত্তিতে তরল–তরল মিশ্রণ বা তরল যুগল সিস্টেমকে নিম্নোক্ত তিন ভাগে ভাগ করা যায় ঃ**




## ৮.২। বাষ্পচাপের অবনমনের রাউল্টের সূত্র
### Raoult's Law of Lowering of Vapour Pressure

কোন অনুদ্বায়ী দ্রব কোন তরল দ্রাবকে দ্রবীভূত হলে তরলের বাষ্পচাপের হ্রাস বা অবনমন ঘটে, অর্থাৎ বিশুদ্ধ তরলের বাষ্পচাপ অপেক্ষা দ্রবণের বাষ্পচাপ কম হয়। বিজ্ঞানী এফ. এম. রাউল্ট এ বিষয়ে বিশদ গবেষণা করে দ্রবের পরিমাণের সাথে বাষ্পচাপের অবনমনের পরিমাণের মাত্রিক সম্পর্ক আবিষ্কার করেন এবং ১৮৮৭ সালে তা নিম্নরূপে বিবৃত করেন, যা রাউল্টের সূত্র নামে পরিচিত। **বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**কোন অনুদ্বায়ী ও তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য দ্রব দ্বারা কোন তরল দ্রাবকের বাষ্পচাপের আপেক্ষিক অবনমনের পরিমাণ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোল ভগ্নাংশের সমান।**

**ব্যাখ্যা ঃ** অবনমন বলতে হ্রাসের পরিমাণ বোঝায়। অপরদিকে আপেক্ষিক অবনমন বলতে হ্রাসের পরিমাণ এবং মূল পরিমাণের ভাগফল বা অনুপাতকে বোঝায়। সুতরাং তরল দ্রাবকের বাষ্পচাপের আপেক্ষিক অবনমন হচ্ছে দ্রব দ্রবীভূত হওয়ায় তরল দ্রাবকের বাষ্পচাপের যে পরিমাণ হ্রাস হয়, তাকে তরল দ্রাবকের প্রাথমিক বাষ্পচাপ দ্বারা ভাগ করলে যে ভাগফল হয় তা। একই ধরনের দুটি মানের অনুপাত হওয়ায় এর কোন একক নেই।

যদি কোন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ দ্রাবকের বাষ্পচাপ $p_\circ$ হয় এবং একই তাপমাত্রায় দ্রবণের বাষ্পচাপ $p$ হয়, তবে বাষ্পচাপের অবনমন হচ্ছে $(p_\circ - p)$। সুতরাং বাষ্পচাপের আপেক্ষিক অবনমন $= \frac{p_\circ - p}{p_\circ}$ ।

যদি দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রবের মোল সংখ্যা যথাক্রমে $n_1$ ও $n_2$ হয়, তবে মোল ভগ্নাংশের সংজ্ঞানুসারে দ্রবের মোল ভগ্নাংশ $x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$। সুতরাং রাউল্টের সূত্রানুসারে $\frac{p_\circ - p}{p_\circ} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = x_2$

**রাউল্ট সূত্রের প্রযোজ্যতা ঃ** (১) দ্রব যদি অনুদ্বায়ী ও তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য হয় এবং দ্রবণ যদি লঘু হয়, তবে তা রাউল্টের সূত্র মেনে চলে। (২) দ্রবণ যত লঘু হয়, তা তত সঠিকভাবে সূত্র মেনে চলে।

**সীমাবদ্ধতা ঃ** (১) দ্রবণের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে এ সূত্র থেকে বিচ্যুতি বেশি দেখা যায়। (২) রাউল্টের সূত্রে তাপমাত্রার কোন উল্লেখ নেই। কেননা কোন নির্দিষ্ট দ্রবণের ক্ষেত্রে বাষ্পচাপের আপেক্ষিক অবনমনের মান সকল তাপমাত্রায় সমান হয়ে যাবে। যদিও তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বাষ্পচাপ $p_\circ$ বৃদ্ধি পায়, একই সাথে $p$ সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি পায় বলে $(p_\circ - p)/p_\circ$ একই থেকে যায়।

http://pdfcorner.com

## ৮.৩। রাউল্টের সূত্রের বিকল্প বিবৃতি
**Alternate Statement of Roult's Law**

বাষ্প চাপের অবনমনের রাউল্টের সূত্রের সাধারণ বিবৃতির গাণিতিক রূপ হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$\frac{p_\circ - p}{p_\circ} = x_2$$

এখানে $p_\circ$ হল নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ দ্রাবকের বাষ্পচাপ, এবং p হল ঐ তাপমাত্রায় দ্রবণের বাষ্পচাপ, $x_2$ হল দ্রবের মোল ভগ্নাংশ।

বা, $1 - \frac{p}{p_\circ} = x_2$

বা, $\frac{p}{p_\circ} = 1 - x_2$

যদি দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশ $x_1$ এবং দ্রবের মোল ভগ্নাংশ $x_2$ হয়, তাহলে দ্বিবস্তুবিশিষ্ট (binary) দ্রবণের ক্ষেত্রে $(x_1 + x_2) = 1$ হয়। অর্থাৎ $(1 - x_2) = x_1$। এ মান উপরোক্ত সমীকরণে বসায়ে পাওয়া যায়–

$$\frac{p}{p_\circ} = (1 - x_2) = x_1$$

বা, $\boxed{p = p_\circ x_1}$

**সমীকরণ মতে,** "নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ দ্রাবকের বাষ্পচাপকে দ্রবণে দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশ দ্বারা গুণ করলে যে গুণফল পাওয়া যায়, তা ঐ তাপমাত্রায় দ্রবণস্থ দ্রাবকের বাষ্পচাপের সমান।"

আবার নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ দ্রাবকের বাষ্পচাপ ($P_\circ$) স্থির থাকে, তাই **রাউল্টের সূত্রের বিকল্প বিবৃতি হলঃ** "নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণস্থ দ্রাবকের বাষ্পচাপ দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশের সমানুপাতিক।" অর্থাৎ $p \propto x_1$।

## ৮.৪। রাউল্টের সূত্র এবং তরল-তরল দ্রবণ
**Raoult's Law and Liquid-Liquid Solution**

যদিও রাউল্টের সূত্রটি অনুদ্বায়ী দ্রবের এবং লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য; তবুও সম্পূর্ণরূপে মিশ্রণীয় তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রেও এটি প্রয়োগ করা যায়।

সম্পূর্ণরূপে মিশ্রণীয় দুটি তরল A ও B এর মিশ্রিত দ্রবণের উপর A ও B উভয়ের বাষ্প উপস্থিত থাকে। উভয় তরলের মিশ্রিত বাষ্পে A ও B এর পৃথক বাষ্পচাপের পরিমাণ রাউল্টের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

**(ক) তরল-তরল আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে রাউল্টের সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ "কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন তরল– তরল দ্রবণের প্রতিটি উপাদানের আংশিক বাষ্পচাপের পরিমাণ ঐ তরল উপাদানের মোল ভগ্নাংশ এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় ঐ তাপমাত্রায় এর বাষ্পচাপের গুণফলের সমান হয়।"**

**ব্যাখ্যা ঃ** মনে করি, তরল-তরল আদর্শ দ্রবণের দুটি উপাদান A ও B এর মোল সংখ্যা হল যথাক্রমে $n_A$ এবং $n_B$। তখন ঐ দ্রবণে উপাদান A এর মোল ভগ্নাংশ $x_{A(l)}$ এবং উপাদান B এর মোল ভগ্নাংশ $x_{B(l)}$ নিম্নরূপ হবে ঃ

মোল ভগ্নাংশ, $x_{A(l)} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ ; মোল ভগ্নাংশ, $x_{B(l)} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$ ।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ A এর সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ $P_A^\circ$ এবং তরল–তরল মিশ্রণের উপরে ঐ উপাদানের আংশিক বাষ্পচাপ $P_A$ হলে রাউল্টের সূত্র মতে গাণিতিকভাবে পাই; $P_A = P_A^\circ x_{A(l)}$

অনুরূপভাবে ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ B এর সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ $P_B^\circ$ এবং তরল–তরল মিশ্রণের উপরে ঐ উপাদানের আংশিক বাষ্পচাপ $P_B$ হলে রাউল্টের সূত্র মতে গাণিতিকভাবে পাই; $P_B = P_B^\circ x_{B(l)}$

http://pdfcorner.com

আদর্শ দ্রবণের প্রতিটি উপাদানের বাষ্পকে গ্যাসরূপে গণ্য করা যায়। তাই দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ P হলে ডালটনের আংশিক চাপের সূত্রমতে, $P = (P_A + P_B)$; বা, $P = P_A^o x_{A(l)} + P_B^o x_{B(l)}$

**(খ) রাউল্টের সূত্র ও তরল–তরল দ্রবণের শ্রেণীবিভাগ ঃ**

বাস্তবক্ষেত্রে রাউল্টের সূত্রের আলোকে তিন শ্রেণীর সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল-যুগল দেখা যায়।

(১) প্রথম শ্রেণী বা আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ।

(২) দ্বিতীয় শ্রেণী বা রাউল্ট সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতি বিশিষ্ট অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ।

(৩) তৃতীয় শ্রেণী বা রাউল্ট সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতি বিশিষ্ট অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ।

বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রসহ নিম্নে এ তিন শ্রেণীর দ্রবণের আলোচনা করা হল।

## ৮.৫। আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ

**Ideal Liquid-Liquid Solution**

**(ক) আদর্শ তরল-তরল দ্রবণ ঃ যে তরল-তরল দ্রবণের প্রত্যেক উপাদান সকল তাপমাত্রায় ও মোল ভগ্নাংশ ঘনমাত্রায় রাউল্টের সূত্র মেনে চলে, তাকে আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ বলা হয়।** যেমন, (১) n-হেক্সেন ও n-হেপ্টেন এর মিশ্রণ, (২) ইথিলিন ক্লোরাইড ও ইথিলিন ব্রোমাইড এর মিশ্রণ।

**(খ) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ গঠন ঃ** দুটি তরল A ও B যদি অনুরূপ প্রকৃতির অর্থাৎ অপোলার–অপোলার অথবা পোলার–পোলার হয়, তবে আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ সৃষ্টি হয়।

(i) তখন A ও B এর অণুসমূহ তাদের পরস্পরের অণুসমূহের মধ্যকার আন্তঃআণবিক আকর্ষণসমূহের উপর কোন প্রভাব ঘটায় না। অর্থাৎ বিশুদ্ধ তরল A এর অণুসমূহের মধ্যে তরল B এর অণুসমূহ প্রবেশ করতে পারে। তখন বিদ্যমান আন্তঃআণবিক আকর্ষণ–এর উপর কোন প্রভাব খাটায় না।

(ii) ফলে দুটি তরলের মিশ্রণ কালে কোন তাপীয় বা আয়তনিক পরিবর্তন ঘটে না এবং এ তরলদ্বয়ের মিশ্রণ আদর্শ বা মোটামুটি আদর্শ আচরণ করে।

**আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের উদাহরণ ঃ** (১) n হেক্সেন ও n-হেপ্টেন; (২) n-বিউটাইল ক্লোরাইড ও n-বিউটাইল ব্রোমাইড; (৩) ইথিলিন ক্লোরাইড ও ইথিলিন ব্রোমাইড ইত্যাদি।

**(গ) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ**

(১) উভয় তরলের সকল আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (A.....A), (B.....B) এবং (A.....B) সমান মানের হবে।

(২) দ্রবণের উপাদানসমূহের মিশ্রণের ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ $V_{দ্রবণ} = (V_A + V_B)$। অথবা $\Delta V = 0$ হয়।

(৩) উপাদানসমূহ মিশ্রিত করার সময় তাপের কোন শোষণ বা উদগিরণ হবে না। অর্থাৎ $\Delta H = 0$

(৪) দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ রাউল্টের সূত্র ও ডাল্টনের সূত্র মেনে চলে। অর্থাৎ

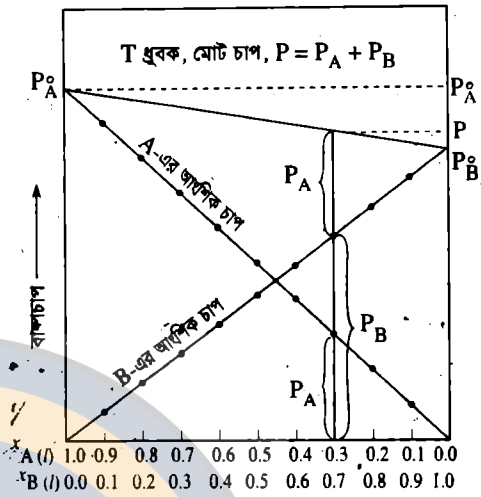
$$P = (P_A + P_B) = (P_A^o x_{A(l)} + p_B^o x_{B(l)})$$

### ৮.৫.১ আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি মোল ভগ্নাংশ লেখচিত্র

মনে করি, দুটি তরল A ও B দ্বারা একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা দ্রবণ তৈরি করা হয়েছে (A হল অধিক উদ্বায়ী)। ঐ দ্রবণের সংযুক্তিতে A এর মোল ভগ্নাংশ $x_{A(l)}$ এবং B এর মোল ভগ্নাংশ হল $x_{B(l)}$। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এ তরল পদার্থদ্বয়ের বিশুদ্ধ অবস্থায় বাষ্পচাপ হল যথাক্রমে $p_A^\circ$ ও $p_B^\circ$ এবং $p_A^\circ > p_B^\circ$। তখন দ্রবণে একই তাপমাত্রায় মিশ্রণের উপরিস্থিত বাষ্পে A ও B এর আংশিক চাপ হয় যথাক্রমে $p_A$ ও $p_B$।

http://pdfcorner.com

আবার মোট বাষ্পচাপ P এর মান অবশ্যই তাপমাত্রা ও মিশ্রণের সংযুক্তি উভয়ের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং তাপমাত্রা স্থির রেখে বিভিন্ন সংযুক্তির দ্রবণ নিয়ে সংযুক্তি (মোল ভগ্নাংশ হিসেবে) x-অক্ষ বরাবর এর বিপরীতে তরল দুটির আংশিক বাষ্পচাপ ও মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ y-অক্ষ বরাবর লেখচিত্রে বসালে চিত্র ৮·১ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়। চিত্রে A ও B এর নয়টি দ্রবণ দেখানো হয়েছে। যেমন মোল ভগ্নাংশ $X_{A(l)} = 0.9$ ও $X_{B(l)} = 0.1$ ইত্যাদি।




চিত্র ৮·১ ঃ আদর্শ তরল-তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি মোল ভগ্নাংশ লেখচিত্র।

লেখচিত্র হতে জানা যায় ঃ (i) মিশ্রণের প্রতিটি উপাদানের আংশিক চাপকে তার নিজ মোল ভগ্নাংশের বিপরীতে বসালে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়, যা মূলবিন্দু (0, 0) এর ভেতর দিয়ে যায়। বাস্তবে উভয় তরল A ও Bএর ক্ষেত্রে তা ঘটেছে। এক্ষেত্রে $P = p^0x_1$ আংশিক চাপের সাধারণ সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত হয়।

(ii) আবার দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ P তরল যুগলের আংশিক বাষ্পচাপের যোগফলের সমান অর্থাৎ $P = (P_A + P_B)$ হওয়ায় তাও একটি সরলরেখা উৎপন্ন করে এবং এ সরলরেখাটি $p^\circ_A$ ও $p^\circ_B$ বিন্দু দুটির সংযোগ রেখা হয়েছে।

(iii) যে কোন মোল ভগ্নাংশের একটি আদর্শ দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ P বিশুদ্ধ উপাদানসমূহের বাষ্পচাপ $p^\circ_A$ ও $p^\circ_B$ এর মধ্যে থাকে। তা লেখচিত্র থেকে জ্যামিতিকভাবে সুস্পষ্ট। এতে প্রমাণিত হয়, আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ, সংযুক্তি পরিবর্তনের সাথে সরল রৈখিকভাবে পরিবর্তিত হয়।

## ৮.৬। আদর্শ মিশ্রণের বাষ্পে উপাদান তরলদ্বয়ের সংযুক্তি
## Composition of the two Liquids in the Vapour of the Ideal Liquid Mixture

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় A ও B তরলের বাষ্পচাপ যথাক্রমে $p^\circ_A$ ও $p^\circ_B$ এবং তাদের দ্রবণে মোল ভগ্নাংশ যথাক্রমে $X_{A(l)}$ ও $X_{B(l)}$ ধরা হল। যদি তাদের আদর্শ তরল–তরল মিশ্রণের বাষ্পে A ও B এর বাস্তব মোল ভগ্নাংশ যথাক্রমে $x_{A(V)}$ ও $x_{B(V)}$ এবং তাদের আংশিক চাপ $p_A$ ও $p_B$ হয়, সর্বমোট চাপ = P হয়, তবে রাউল্টের সূত্র ও ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র থেকে পাই–

(i) রাউল্টের সূত্র মতে, $p_A = p^\circ_A x_{A(l)}$ এবং $p_B = p^\circ_B x_{B(l)}$

(ii) ডাল্টনের সূত্র মতে, $p_A = P\,x_{A(V)}$ এবং $p_B = P\,x_{B(V)}$

ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র ও রাউল্টের সূত্রের সমন্বয় করে পাই–

$$\therefore \quad x_{A(V)} = \frac{p_A}{P} = \frac{p^\circ_A x_{A(l)}}{p^\circ_A x_{A(l)} + p^\circ_B x_{B(l)}} \quad \text{এবং} \quad x_{B(V)} = \frac{p_B}{P} = \frac{p^\circ_B x_{B(l)}}{(p^\circ_A x_{A(l)} + p^\circ_B x_{B(l)})}$$

$$\therefore \quad \frac{X_{A(V)}}{X_{B(V)}} = \frac{p_A}{p_B} = \frac{p^\circ_A X_{A(l)}}{p^\circ_B X_{B(l)}}$$

http://pdfcorner.com

যদি তরল B অপেক্ষা তরল A অধিক উদ্বায়ী হয়, তবে $P_A^o > P_B^o$ এবং $\frac{X_{A(V)}}{X_{B(V)}} > \frac{X_{A(l)}}{X_{B(l)}}$ হয়।

তখন অধিক উদ্বায়ী তরল A এর বেলায় ঐ তরল অপেক্ষা এর বাষ্পে A এর আনুপাতিক পরিমাণ বেশি হয়।

**উদাহরণ ১। 25°C তাপমাত্রায় ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ($CCl_4$) এর বাষ্পচাপ যথাক্রমে 199.1 mm(Hg) ও 114.5 mm(Hg)। যদি এ উপাদান দুটি মিশ্রণের পর আদর্শ দ্রবণ গঠন করে, তবে এ মিশ্রণের প্রতিটি উপাদানের পরিমাণ 1 mole হলে তার (১) দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ কত ? এবং (২) বাষ্পীয় উপাদানের (যা দ্রবণের সাথে সাম্যাবস্থায় আছে) মোল ভগ্নাংশ সংযুক্তি কত?**

**সমাধান ঃ** (১) যেহেতু তরল মিশ্রণে উভয় উপাদান 1 mole করে আছে, সেহেতু তাদের মোল ভগ্নাংশ

$$x_{A(l)} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ এবং } x_{B(l)} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ ।}$$

∴ বাষ্পে ক্লোরোফর্মের আংশিক চাপ, $p_A = p_A^\circ x_{A(l)} = 199.1 \times \frac{1}{2} = 99.55$ mm.(Hg)

∴ বাষ্পে $CCl_4$ এর আংশিক চাপ, $p_B = p_B^\circ x_{B(l)} = 114.5 \times \frac{1}{2} = 57.25$ mm.(Hg)

অতএব দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ, $P = (p_A + p_B) = (99.55 + 57.25) = 156.80$ mm.(Hg). **(উত্তর)**

(২) মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ P এবং বাষ্পে A এর মোল ভগ্নাংশ $x_{A(V)}$ ও B এর মোল ভগ্নাংশ $x_{B(V)}$ হলে–

$$p_A = P\, x_{A(V)} \quad \text{এবং} \quad p_B = P\, x_{B(V)}$$

$$\therefore \quad x_{A(V)} = \frac{P_A}{P} = \frac{99.55 \text{ mm (Hg)}}{156.80 \text{ mm (Hg)}} = 0.635$$

$$\text{এবং} \quad x_{B(V)} = \frac{P_B}{P} = \frac{57.25 \text{ mm (Hg)}}{156.80 \text{ mm (Hg)}} = 0.365$$

**উত্তর ঃ** বাষ্পীয় উপাদানের মোল ভগ্নাংশ, $x_{A(V)} = 0.635$ এবং $x_{B(V)} = 0.365$

**উদাহরণ ২। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় A তরলের বাষ্পচাপ 0.016 kPa। একই তাপমাত্রায় A ও B তরলের সমমোলার আদর্শ দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ 101.325 Pa হলে বিশুদ্ধ অবস্থায় B তরলের বাষ্পচাপ উক্ত তাপমাত্রায় নির্ণয় কর।** [ব. বো. ২০০৪; রা. বো. ২০১০]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, দ্রবণটি A ও B এর সমমোলার; তাই $x_{A(l)} = 0.5$ হবে এবং $x_{B(l)} = 0.5$ হবে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ A এর বাষ্পচাপ $P_A^o = 0.016$ kPa $= 0.016 \times 1000$ Pa $= 16$ Pa

A ও B এর দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ, $P = (P_A + P_B) = 101.325$ Pa। ঐ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ B এর বাষ্পচাপ, $P_B^\circ = ?$

$\therefore P_A = P_A^\circ \times x_{A(l)} = 16 \text{ Pa} \times 0.5 = 8$ Pa

$P_B = P - P_A = (101.325 - 8)$ Pa $= 93.325$ Pa

আবার, $P_B = P_B^\circ \times x_{B(l)}$ বা, $P_B^\circ = \frac{p_B}{x_{B(l)}} = \frac{93.325}{0.5}$ Pa $= 186.65$ Pa

**উত্তর ঃ** ঐ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ B তরলের বাষ্পচাপ = 186.65 Pa

**উদাহরণ ৩।** 80°C তাপমাত্রায় বেনজিনের বাষ্পচাপ হল $10.0 \times 10^4$ $Nm^{-2}$ এবং মিথাইল বেনজিনের বাষ্পচাপ $4.0 \times 10^4$ $Nm^{-2}$ হয়। বেনজিন ও মিথাইল বেনজিনের কোন মিশ্রণে মিথাইল বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ 0.60 হলে 80°C তাপমাত্রায় তরল মিশ্রণের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকা মিশ্রণের উপরিস্থিত বাষ্পে মিথাইল বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ নির্ণয় কর।

**সমাধান ঃ** বেনজিনকে A দ্বারা এবং মিথাইল বেনজিনকে B দ্বারা প্রকাশ করি। তখন তরল মিশ্রণে মিথাইল বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ, $x_{B(l)} = 0.6$। ∴ তরল মিশ্রণে বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ, $x_{A(l)} = (1 - 0.6) = 0.4$



http://pdfcorner.com

আমরা জানি, $\frac{x_{A(V)}}{x_{B(V)}} = \frac{p_A^\circ \times x_{A(l)}}{p_B^\circ \times x_{B(l)}} = \frac{0.4 \times 10.0 \times 10^4}{0.6 \times 4.0 \times 10^4} = \frac{1}{0.60}$

প্রশ্নমতে,
$p_A^\circ = 10.0 \times 10^4\ Nm^{-2}$
$p_B^\circ = 4.0 \times 10^4\ Nm^{-2}$

$\therefore 1 + \frac{x_{A(V)}}{x_{B(V)}} = 1 + \frac{1}{0.60}$ ; বা, $\frac{(x_{A(V)} + x_{B(V)})}{x_{B(V)}} = \frac{1.60}{0.60}$

বা, $\frac{1}{x_{B(V)}} = \frac{1.60}{0.60}$ ; যেহেতু A ও B এর মোল ভগ্নাংশের যোগফল $(x_{A(V)} + x_{B(V)}) = 1$

বা, $x_{B(V)} = \frac{0.60}{1.60} = 0.375$

**উত্তর ঃ** মিশ্রণের বাষ্পে মিথাইল বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ = 0.375

**উদাহরণ ৪।** 0°C তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বেনজিন ($C_6H_6$) ও টলুইন ($C_6H_5CH_3$) এর বাষ্পচাপ যথাক্রমে 50.53 $kPa_a$ এবং 17.5 $kPa_a$ হয়। টলুইনের 1.20 মোল ও বেনজিনের 3.60 মোল একত্রে মিশিয়ে একটি মিশ্রণ তৈরি করা হল। ঐ মিশ্রণটির উপরিস্থিত বাষ্প ও তরল মিশ্রণের সাম্যাবস্থায় মিশ্রণের বাষ্পে টলুইনের বাষ্পচাপ, বেনজিনের বাষ্পচাপ, মোট বাষ্পচাপ ও বাষ্পে উপাদানদ্বয়ের সংযুক্তি নির্ণয় কর।

**সমাধান ঃ** টলুইনকে A দ্বারা ও বেনজিনকে B দ্বারা প্রকাশ করি। টলুইনের মোল ভগ্নাংশ = $x_{A(l)}$ এবং বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ $x_{B(l)}$ ধরা হল। আবার বিশুদ্ধ টলুইনের বাষ্পচাপ = $P_A^0$ এবং বিশুদ্ধ বেনজিনের বাষ্পচাপ $P_B^0$। বাষ্পে টলুইনের মোল ভগ্নাংশ = $x_{A(V)}$ এবং বাষ্পে বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ, $x_{B(V)}$ ধরা হল।

$\therefore$ টলুইনের মোল ভগ্নাংশ, $x_{A(l)} = \frac{\text{টলুইনের মোল সংখ্যা}}{\text{টলুইনের মোল সংখ্যা + বেনজিনের মোল সংখ্যা}}$

$\therefore x_{A(l)} = \frac{1.20}{(1.20 + 3.60)} = 0.25$

$\therefore$ বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ, $x_{B(l)} = (1 - 0.25) = 0.75$

টলুইনের বাষ্পচাপ, $P_{A(V)} = P_A^\circ \times x_{A(l)} = 17.5 \times 0.25 = 4.4\ kP_a$

বেনজিনের বাষ্পচাপ, $P_{B(V)} = P_B^\circ \times x_{B(l)} = 50.53 \times 0.75 = 37.9\ kPa$

$\therefore$ মোট বাষ্পচাপ, $P = (P_{A(V)} + P_{B(V)}) = (4.4 + 37.9) = 42.3\ kPa$

বাষ্পে টলুইনের সংযুক্তি, $x_{A(V)} = \frac{P_{A(V)}}{P} = \frac{4.4}{42.3} = 0.104$ মোল ভগ্নাংশ

বাষ্পে বেনজিনের সংযুক্তি, $x_{B(V)} = \frac{P_{B(V)}}{P} = \frac{37.9}{42.3} = 0.896$ মোল ভগ্নাংশ

**উত্তর ঃ** টলুইনের বাষ্পচাপ = 4.4 kPa, বেনজিনের বাষ্পচাপ = 37.9 kPa, মোট বাষ্পচাপ = 42.3 kPa, বাষ্পে বেনজিনের মোল ভগ্নাংশ = 0.896; টলুইনের মোল ভগ্নাংশ = 0.104।

## ৮.৭। অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ
### Non-ideal Liquid-Liquid Solution

**(ক) অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ ঃ** যে তরল–তরল দ্রবণের প্রত্যেক উপাদান সকল তাপমাত্রায় ও মোল ভগ্নাংশ ঘনমাত্রায় রাউল্টের সূত্র মেনে চলে না অর্থাৎ দ্রবণের প্রত্যেক উপাদানের আংশিক বাষ্পচাপ রাউল্টের সূত্র মতে নির্ণীত মানের চেয়ে বেশি বা কম হয়, তাকে অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ বলা হয়। যেমন,

(১) ইথানল ($C_2H_5OH$) ও পানির দ্রবণ,
(২) ইথানল ও অ্যাসিটোন ($CH_3COCH_3$) দ্রবণ,
(৩) পানি ও $H_2SO_4$ এর দ্রবণ
(৪) ক্লোরোফরম ($CHCl_3$) ও বেনজিন দ্রবণ।

http://pdfcorner.com

অনাদর্শ দ্রবণের দ্রাবক অণুর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের চেয়ে দ্রব অণুর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কম বা বেশি হয়। তখন দ্রাবক ও দ্রব অণুর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল পরস্পর পরস্পরকে প্রভাবিত করে। ফলে অনাদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে, (i) $\Delta V = 0$ হয় না এবং (ii) $\Delta H = 0$ হয় না।

**(খ) অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণের শ্রেণীবিভাগ ঃ** রাউল্টের সূত্র মতে অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ দু প্রকার। তাদের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ ঃ যেমন,

১। ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ। এক্ষেত্রে, (i) দ্রবণে A ও B এর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (A....B) উপাদানদ্বয়ের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (A....A) ও (B....B) অপেক্ষা কম হয়।

(ii) $\Delta V$ = ধনাত্মক, (+ ve) (iii) $\Delta H$ = ধনাত্মক, (+ ve) (iv) $P_A > P_A^\circ . x_{A(l)}$ এবং $P_B > P_B^\circ . x_{B(l)}$

**উদাহরণ ঃ** (১) ইথানল ও পানির দ্রবণ, (২) ইথানল ও অ্যাসিটোনের দ্রবণ।

২। ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ। এক্ষেত্রে, (i) দ্রবণে A ও B এর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (A....B) উপাদানদ্বয়ের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (A....A) ও (B....B) অপেক্ষা বেশি হয়।

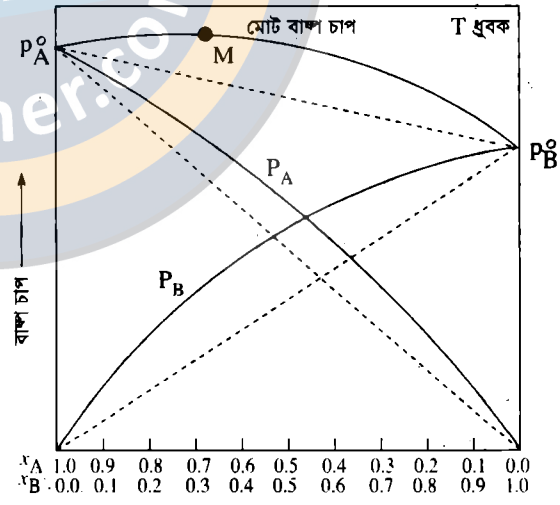
(ii) $\Delta V$ = ঋণাত্মক, (– ve) (iii) $\Delta H$ = ঋণাত্মক, (– ve) (iv) $P_A < P_A^\circ . x_{A(l)}$ এবং $P_B < P_B^\circ . x_{B(l)}$

**উদাহরণ ঃ** (১) পানি ও $H_2SO_4$ এসিডের দ্রবণ, (২) ক্লোরোফরম ও বেনজিন দ্রবণ।

## ৮.৮। ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ
### Non-ideal Solution with Positive Deviation

**ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্র ঃ** (১) কোন তরল–তরল দ্রবণের উপাদান A ও B যদি ভিন্ন প্রকৃতির হয়, তবে অনাদর্শ দ্রবণ তৈরি হয়। (২) আবার যদি A এর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ এবং B এর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ অপেক্ষা এদের মিশ্রণে A ও B এর অণুসমূহের মধ্যকার আন্তঃআণবিক আকর্ষণ কম হয়, তখন উভয়ের মিশ্রণের ফলে A ও B এর অণুসমূহ অধিকতর সহজে বাষ্পীভূত হয়। **তখন A ও B এর বাস্তব আংশিক চাপ রাউল্টের সূত্রের সমীকরণ মতে আদর্শ আংশিক চাপ অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে** রাউল্টের সূত্র মতে আদর্শ বাষ্পচাপ থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতি দেখা যায়।

স্থির তাপমাত্রায় এরূপ মিশ্রণের উপাদান সমূহের নিজস্ব বাষ্পচাপ এবং দ্রবণের মোট বাষ্প চাপকে Y–অক্ষ বরাবর এবং তরল মিশ্রণের সংযুক্তি পরিবর্তন X–অক্ষ বরাবর অনুসারে লেখচিত্রে বসালে চিত্র ৮·২ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়। রাউল্টের সূত্র মতে আদর্শ দ্রবণ থেকে যে চাপ প্রত্যাশিত, তা ভগ্নরেখা দ্বারা এ চিত্রে দেখানো হয়েছে। **ধনাত্মক বিচ্যুতি বিশিষ্ট অনাদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে মোট বাষ্প চাপ নির্দেশক লেখচিত্রে একটি সর্বোচ্চ বাষ্পচাপ বিন্দু (M) দেখা যায়। এ বিন্দুতে মোট বাষ্পচাপ বিশুদ্ধ অবস্থায় উভয় তরল উপাদানের যে বাষ্পচাপ হয়, তা থেকে সবচেয়ে বেশি। এ বিন্দুতে তরল মিশ্রণের সংযুক্তি ও তাদের বাষ্পের সংযুক্তি অপরিবর্তিত বা সমান থাকে। এটি অনাদর্শ দ্রবণের একটি বৈশিষ্ট্য।**




চিত্র ৮·২ ঃ ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন তরল-যুগল মিশ্রণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র।

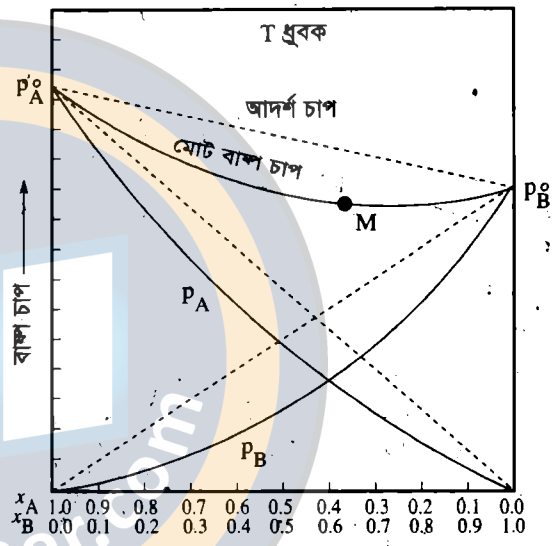
**উদাহরণ ঃ** ইথানল-পানি মিশ্রণ ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন একটি তরল–তরল দ্রবণ তৈরি করে। এ ধরনের দ্রবণের সংখ্যা সবচেয়ে বেশি। দুটি তরলের মধ্যে একটি পোলার সংবন্ধ-অণুবিশিষ্ট এবং অন্যটি অপোলার তরল হলে ধনাত্মক বিচ্যুতির পরিমাণ বেশি হয়। 50°C তাপমাত্রায় n–হেক্টেন ও ইথানলের মিশ্রণ আদর্শ অবস্থা থেকে খুব বেশি ধনাত্মক বিচ্যুতি দেখায়। তখন H-বন্ধনযুক্ত ইথানলের অণুগুলো H–বন্ধনমুক্ত হতে থাকে। ফলে তাপ শোষিত হয় এবং মিশ্রণের আয়তন বৃদ্ধি পায়। এরূপে মিশ্রণটি রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতি ঘটায়।

http://pdfcorner.com

## ৮.৯। ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ
### Non-ideal Solution with Negative Deviation

**ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র ঃ** (১) যদি তরল যুগল A ও B উভয়ের প্রত্যেকের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ অপেক্ষা A ও B মিশ্রণের অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বেশি হয়, তবে এ ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ তৈরি হয়। (২) তখন A ও B দুটি তরলের মিশ্রণের ফলে A ও B উভয় উপাদানের অণুগুলো অধিকতরভাবে আকৃষ্ট হয় এবং তাদের পক্ষে বাষ্পীভূত হওয়া দুরূহ হয়ে পড়ে। ফলে **A ও B তরলদ্বয়ের বাস্তব আংশিক বাষ্পচাপ রাউল্টের সূত্রের সমীকরণ মতে, আদর্শ আংশিক বাষ্পচাপ অপেক্ষা কম হয়।** ফলে রাউল্টের সূত্র মতে আদর্শ বাষ্পচাপ থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতি দেখা যায়।

স্থির তাপমাত্রায় এরূপ মিশ্রণের উপাদানসমূহের নিজস্ব বাষ্পচাপ এবং দ্রবণের মোট বাষ্পচাপকে Y–অক্ষ বরাবর এবং তরল মিশ্রণের সংযুক্তির পরিবর্তনকে X–অক্ষ বরাবর অনুসারে লেখচিত্রে বসালে চিত্র ৮৩ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়। রাউল্ট সূত্র মতে আদর্শ দ্রবণ থেকে যে বাষ্পচাপ প্রত্যাশিত তা ভগ্নরেখা দ্বারা দেখানো হয়েছে। **ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে মোট বাষ্পচাপ নির্দেশক লেখচিত্রে একটি সর্বনিম্ন বাষ্পচাপ বিন্দু (M) দেখা যায়। এ বিন্দুতে যে বাষ্পচাপ তা উভয় বিশুদ্ধ তরলের নিজস্ব বাষ্পচাপ অপেক্ষা সবচেয়ে কম। এ বিন্দুতে তরল মিশ্রণের সংযুক্তি ও তাদের বাষ্পের সংযুক্তি অপরিবর্তিত অর্থাৎ সমান থাকে। এটি অনাদর্শ দ্রবণের একটি বৈশিষ্ট্য।**



চিত্র ৮৩ ঃ ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন তরল-যুগল মিশ্রণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র।

**উদাহরণ ঃ** সাধারণত দুটি পোলার তরলের মিশ্রণের ক্ষেত্রে ঋণাত্মক বিচ্যুতি দেখা যায়। যেমন, (১) পানি $-H_2SO_4$, (২) হ্যালোজেন হাইড্রাসিড (HCl, HBr ও HI)–পানি; (৩) $HNO_3$–পানি, (৪) পিরিডিন ($C_5H_5N$)–অ্যাসিটিক এসিড ইত্যাদির মিশ্রণে হাইড্রেশন বা পানি যোজন ঘটে অথবা H-বন্ধন ঘটে। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বেশি হয়। তখন তাপ নির্গত হয়। মিশ্রণের আয়তন হ্রাস পায়। এরূপে মিশ্রণটি ঋণাত্মক বিচ্যুতি প্রদর্শন করে।

### ৮.৯.১। আদর্শ দ্রবণ ও অনাদর্শ দ্রবণের পার্থক্য
### Difference between Ideal & Non-ideal Solutions

| আদর্শ দ্রবণ | অনাদর্শ দ্রবণ |
|---|---|
| ১। **সংজ্ঞা ঃ** তরল–তরল দ্রবণের প্রত্যেক উপাদান সকল তাপমাত্রা ও মোল ভগ্নাংশ ঘনমাত্রায় রাউল্টের সূত্র মেনে চললে তাকে আদর্শ দ্রবণ বলা হয়। যেমন হেক্সেন ও হেপ্টেনের মিশ্রণ হল একটি আদর্শ দ্রবণ। | ১। **সংজ্ঞা ঃ** তরল-তরল দ্রবণের প্রত্যেক উপাদান সকল তাপমাত্রা ও মোল ভগ্নাংশ ঘনমাত্রায় রাউল্টের সূত্র মেনে না চললে তাকে অনাদর্শ দ্রবণ বলা হয়। যেমন, হেপ্টেন ও ইথানলের মিশ্রণ অনাদর্শ দ্রবণ। |
| ২। **দ্রবণ তৈরি ঃ** সব অপোলার তরল পরস্পরের সাথে আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ তৈরি করে। যেমন, হেক্সেন ($C_6H_{14}$) এবং হেপ্টেন ($C_7H_{16}$) তরল দুটি হাইড্রোকার্বন ও অপোলার তরল। তাই তরল দুটি আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। | ২। **দ্রবণ তৈরি ঃ** অপোলার তরল ও পোলার তরল বা কম পোলার তরল ধনাত্মক বিচ্যুতির এবং অধিক পোলার তরল ঋণাত্মক বিচ্যুতির অনাদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। যেমন, n–হেপ্টেন–ইথানল ধনাত্মক বিচ্যুতির ও পানি–$H_2SO_4$ দ্রবণ ঋণাত্মক বিচ্যুতির অনাদর্শ দ্রবণ। |

http://pdfcorner.com

| আদর্শ দ্রবণ | অনাদর্শ দ্রবণ |
|---|---|
| ৩। **আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের প্রভাব ঃ** আদর্শ তরল দ্রবণে উপাদান অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃ–আণবিক আকর্ষণ বলের উপর কোন প্রভাব ঘটায় না। | ৩। **আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের প্রভাব ঃ** অনাদর্শ তরল দ্রবণে উপাদান অণুসমূহের মধ্যে যথাক্রমে অধিক আকর্ষণ ও কম আকর্ষণের ফলে আন্তঃ–আণবিক আকর্ষণ বলের উপর ঋণাত্মক বা ধনাত্মক প্রভাব সৃষ্টি হয়। |
| ৪। **বৈশিষ্ট্য ঃ** আদর্শ তরল দ্রবণে উপাদানসমূহের মোট আয়তন ও মিশ্রণের আয়তন সমান হয় এবং দ্রবণ এনথালপির মান শূন্য হয়। অর্থাৎ $\Delta V = 0$, $\Delta H = 0$। | ৪। **বৈশিষ্ট্য ঃ** ধনাত্মক বিচ্যুতির অনাদর্শ দ্রবণের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কমে। ফলে $\Delta V > 0$, $\Delta H = +ve$ হয়। ঋণাত্মক বিচ্যুতির অনাদর্শ দ্রবণের বেলায় $\Delta V < 0$ এবং $\Delta H = -ve$ হয়। |
| ৫। **লেখচিত্র ঃ** আদর্শ তরল-তরল দ্রবণের বেলায় বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখ সরলরেখা হয়। | ৫। **লেখচিত্র ঃ** ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির বেলায় বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখ যথাক্রমে উত্তল ও অবতল বক্ররেখা হয়। |

## ৮.৯.২। আদর্শ দ্রবণের অনাদর্শ আচরণ
### Non-ideal behaviour of Ideal Solutions

একটি আদর্শ দ্রবণ নিম্নোক্ত কারণে অনাদর্শ আচরণ করে অর্থাৎ রাউল্টের সূত্র থেকে বিচ্যুতি ঘটে।

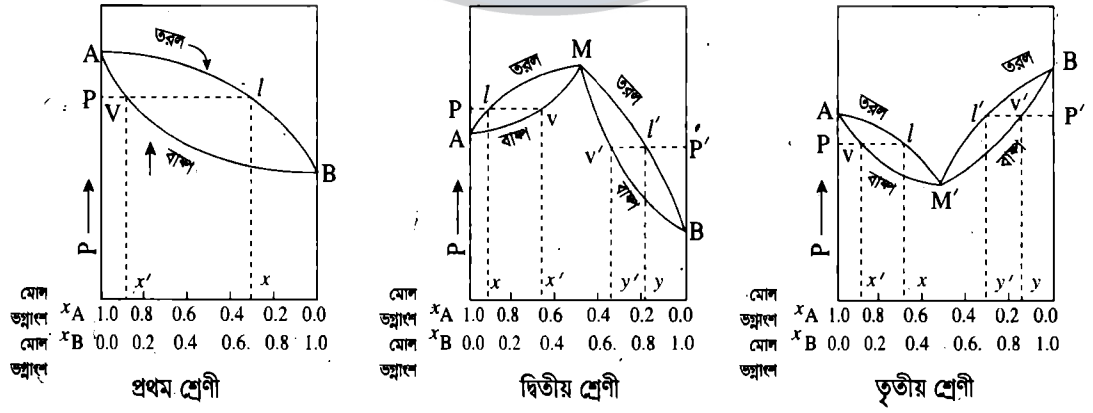
(১) একটি অপোলার আদর্শ তরল-তরল দ্রবণে যেমন n-হেক্সেনে ও n-হেপ্টেনের মিশ্রণে একটি পোলার তরল যেমন পানি, ইথানল যোগ করলে সমগ্র মিশ্রণটি অনাদর্শ হয়।

(২) একটি আদর্শ তরল–তরল দ্রবণে অপর একটি অনাদর্শ তরল-তরল দ্রবণ মিশ্রিত করলে সমগ্র মিশ্রণটি অনাদর্শ হয়। যেমন হেক্সেন ও হেপ্টেনের আদর্শ তরল–তরল মিশ্রণে অপর দ্রবণ যেমন হেপ্টেন ও ইথানলের অনাদর্শ তরলযুগল মিশ্রণ যোগ করলে সমগ্র মিশ্রণটি অনাদর্শ হয়।

## ৮.১০। তরল-তরল মিশ্রণের তরল ও বাষ্পের সংযুক্তি
### Composition of Liquid & Vapour in Liquid - Liquid Mixture

আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, **তরল মিশ্রণ অপেক্ষা তার বাষ্পে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানটির আনুপাতিক পরিমাণ বেশি থাকে** (৮.৬ অনুচ্ছেদের সমাধানকৃত উদাহরণ–১। দ্রষ্টব্য)। এটি শুধু আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে নয়, সব তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। [৮·১, ৮·২ ও ৮·৩ লেখচিত্রসমূহে বাষ্পচাপ ও মিশ্রণের তরল অবস্থার সংযুক্তির সম্পর্ক দেখানো হয়েছে (লেখচিত্র বাষ্পচাপ P বনাম মোল ভগ্নাংশ সহযুক্তি x)।]

যদি তরল–তরল মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ বনাম তরল অবস্থার সংযুক্তি এবং বাষ্পীয় অবস্থার সংযুক্তির লেখচিত্র আঁকা হয়, তবে **তিন প্রকারের দ্রবণের জন্য তিনটি ভিন্ন ধরনের লেখচিত্র** পাওয়া যায় (চিত্র ৮·৪)।



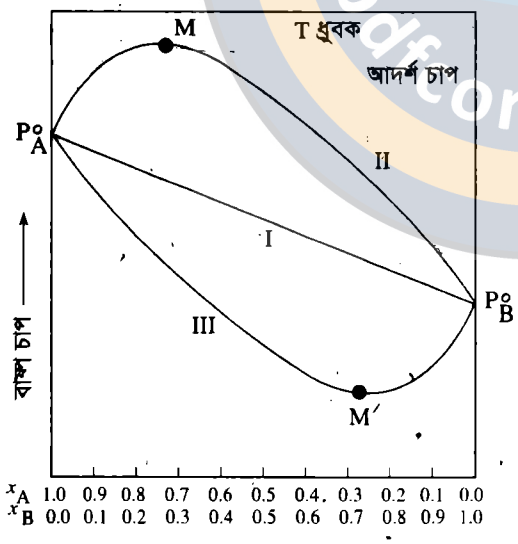

চিত্র ৮·৪ ঃ বাষ্পচাপ বনাম তরল মিশ্রণ ও বাষ্পের সংযুক্তি লেখচিত্র।

http://pdfcorner.com

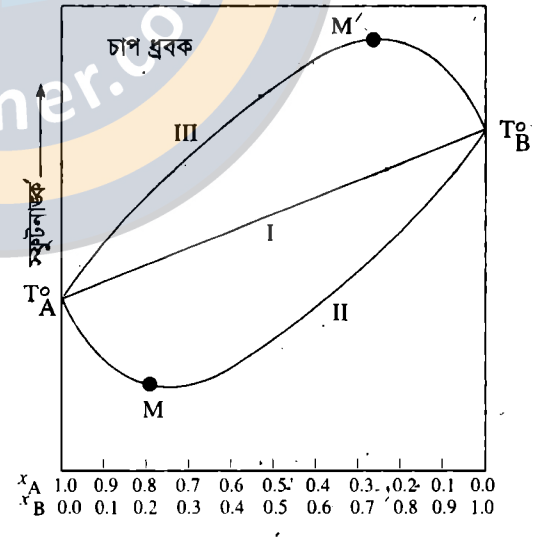
প্রতিটি ক্ষেত্রে উপরের "তরল" চিহ্নিত রেখাটি তরল অবস্থার বাষ্পচাপ বনাম সংযুক্তি এবং নিচের "বাষ্প" চিহ্নিত রেখাটি বাষ্পীয় অবস্থার বাষ্পচাপ বনাম সংযুক্তি নির্দেশ করে। যে কোন মোট চাপ P তে x সংযুক্তির তরলের যে বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকবে তার সংযুক্তি হবে x´। এ দুটি সংযুক্তিকে "তরল" ও "বাষ্প" লেখচিত্রে যথাক্রমে $l$ ও v দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। v$l$ সরলরেখাকে সংযুক্তকারী রেখা (tie line) বলা হয়। কেননা তা সাম্যাবস্থায় বিদ্যমান দুটি দশাকে সংযুক্ত করে। **আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে লেখচিত্রটি** (১ম শ্রেণী) মোটামুটি সরল হলেও অন্য দুটি ক্ষেত্রে তা সরল নয়। এ দুটি ক্ষেত্রে যথাক্রমে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন বিন্দু M ও M´ আছে; যে বিন্দুতে $l$ ও v বক্ররেখা দুটি একত্রিত হয়। এর অর্থ হচ্ছে, **সে-বিন্দু (M ও M´) নির্দেশিত অনুপাতের একটি মিশ্রণে তরল অবস্থা ও তার বাষ্পের সংযুক্তি একই হবে।** এ বিন্দুর পরে আবার পূর্বের অনুরূপ লেখচিত্র পাওয়া যায়। দ্বিতীয় অংশেও y সংযুক্তির তরলের যে বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকবে তার সংযুক্তি হবে y´। এ দুটি সংযুক্তিকে "তরল" ও "বাষ্প" লেখচিত্রে যথাক্রমে $l$´ ও v´ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। এ অংশে v´$l$´ রেখাকে সংযুক্তকারী রেখা বলা হয়। দু ধরনের অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণের লেখচিত্র থেকেও এটি স্পষ্ট যে, M ও M´ বিন্দু ব্যতীত সব সংযুক্তির ক্ষেত্রে তরলের সাথে সাম্যাবস্থায় বিদ্যমান বাষ্পে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানের আনুপাতিক পরিমাণ বেশি থাকে।

## ৮.১১। তরল-তরল মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক-সংযুক্তি লেখচিত্র
## Boiling Point-composition Curve of Liquid-Liquid Mixture

আমরা জানি, কোন তরল পদার্থের (বিশুদ্ধ বা দ্রবণ) বাষ্পচাপ 1 atm চাপ অর্থাৎ বাহ্যিক চাপের সমান হলে তরল পদার্থটি বুদবুদসহ ফুটে। প্রতিটি মিশ্রণের একটি স্ফুটনাঙ্ক বিদ্যমান, যা মিশ্রণের উপাদানসমূহ এবং তাদের আনুপাতিক পরিমাণের উপর নির্ভর করে। একটি নির্দিষ্ট বাহ্যিক চাপে কোন তরল যুগলের বিভিন্ন অনুপাতে মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ককে মিশ্রণের সংযুক্তির পরিপ্রেক্ষিতে লেখচিত্রে বসালে যে লেখচিত্র পাওয়া যায়, তাকে T– x লেখচিত্র বলা হয়। এ লেখচিত্র P–x লেখচিত্রের অনুরূপ; তবে উল্টানো ধরনের হবে। কেননা **যে সংযুক্তির ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ সর্বোচ্চ তার স্ফুটনাঙ্ক সর্বনিম্ন হবে এবং যে সংযুক্তির ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ সর্বনিম্ন তার স্ফুটনাঙ্ক সর্বোচ্চ হবে।**




চিত্র ৮·৫ ঃ তিন প্রকার দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তির লেখ (P – x)




চিত্র ৮·৬ ঃ তিন প্রকার দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক–সংযুক্তি লেখ (T– x)।

তিন ধরনের দ্রবণের P – x এবং T – x লেখচিত্র যথাক্রমে চিত্র ৮.৫ ও ৮.৬ এ প্রদর্শিত হয়েছে। I দ্বারা আদর্শ দ্রবণ, II দ্বারা ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ এবং III দ্বারা ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ দ্রবণ চিহ্নিত করা হয়েছে। দেখা যায় যে, প্রথম শ্রেণীর তরল যুগলের মিশ্রণের ক্ষেত্রে বিশেষ কোন বৈশিষ্ট্য নেই।

http://pdfcorner.com

বাষ্পচাপ ও স্ফুটনাঙ্ক ধারাবাহিকভাবে পরিবর্তিত হয়। দ্বিতীয় শ্রেণীর তরল যুগলের দ্রবণের ক্ষেত্রে যেহেতু একটি সর্বোচ্চ বাষ্পচাপ বিন্দু পাওয়া যায়, সেহেতু তাতে একটি সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্ক পাওয়া যায়। এ দুটি বিন্দুকে দুটি চিত্রে M দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

তৃতীয় শ্রেণীর তরল যুগলের মিশ্রণের ক্ষেত্রে একটি সর্বনিম্ন বাষ্পচাপ বিন্দু এবং সেহেতু একটি সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্ক পাওয়া যায়। এ দুটি বিন্দুকে দুটি চিত্রে M´ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। সুতরাং দ্বিতীয় শ্রেণীর মিশ্রণকে সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ এবং তৃতীয় শ্রেণীর মিশ্রণকে সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণও বলা হয়।

## ৮.১২। আংশিক পাতনের তত্ত্ব
### Theory of Fractional Distillation

তিন শ্রেণীর মিশ্রণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তির লেখচিত্র বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, একমাত্র প্রথম শ্রেণীর অর্থাৎ আদর্শ তরল–তরল মিশ্রণের ক্ষেত্রেই আংশিক পাতনের সাহায্যে তরল উপাদানসমূহকে পরস্পর থেকে পৃথক করা সম্ভব।

**আংশিক পাতনের সংজ্ঞা ঃ দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণ থেকে তার উপাদানসমূহকে তাদের স্ফুটনাঙ্ক অনুসারে বিশেষ প্রক্রিয়ায় পাতিত করে অংশ অংশ করে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে আংশিক পাতন বলা হয়। এ বিশেষ প্রক্রিয়ায় অংশীকরণ স্তম্ভ ব্যবহার করে পাতন করা হয়।**

**উদাহরণ ঃ** পেন্টেন ($C_5H_{12}$) ও হেপ্টেন ($C_7H_{16}$) এর আদর্শ তরল–তরল মিশ্রণ থেকে উভয় তরলকে পাতন ফ্লাস্কে অংশ কলাম ব্যবহার করে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় নিজ নিজ স্ফুটনাঙ্কে অংশ অংশ করে পৃথক করা যায়।

আংশিক পাতনের তত্ত্ব নিম্নলিখিত তথ্যের (facts) উপর প্রতিষ্ঠিত ঃ

**আংশিক পাতনের তত্ত্ব ঃ**

(১) সাধারণত কোন তরল–তরল মিশ্রণের উপরিস্থিত বাষ্পের সংযুক্তি তরল–তরল মিশ্রণের সংযুক্তির সমান নয়।

(২) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের সব ক্ষেত্রে তরল অবস্থা অপেক্ষা তার বাষ্পে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানের আনুপাতিক পরিমাণ বেশি থাকে।

(৩) কোন আদর্শ তরল মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন বাষ্পে অধিক উদ্বায়ী উপাদান অধিকতর অনুপাতে থাকে, এ বাষ্পকে ঘনীভূত করলে প্রাপ্ত তরল মিশ্রণে মূল তরল মিশ্রণ অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী উপাদান বেশি থাকবে।

(৪) উপরোক্ত পাতন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত তরল মিশ্রণকে আবার ২য় বার পাতিত করলে যে তরল মিশ্রণ পাওয়া যাবে, তাতে উদ্বায়ী উপাদানের আনুপাতিক পরিমাণ আরো বাড়ে।

(৫) এভাবে প্রতি বার বাষ্পের ঘনীভূত তরল অংশ নিয়ে বার বার পাতন প্রক্রিয়া চালাতে থাকলে প্রতিক্ষেত্রে পাতিত মিশ্রণে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানের আনুপাতিক পরিমাণ ক্রমাগতভাবে বাড়ে। অবশেষে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানটি প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় পাতিত হয়।

(৬) অপরদিকে তরল মিশ্রণ থেকে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানটি অধিক আনুপাতিক হারে বাষ্পে চলে যাওয়ায় শেষে পাতনপাত্রে কম উদ্বায়ী উপাদানটি প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় থেকে যায়।

(৭) বার বার পাতন প্রক্রিয়া করা সময়সাপেক্ষ এবং অসুবিধাজনক। তাই অংশীকরণ স্তম্ভ ব্যবহার করে পাতন করলে একই পাতন কাজ সরাসরি একবারে এবং খুব কম সময়ে করা যায়।

**আংশিক পাতনের সীমাবদ্ধতা ঃ**

**যে সব তরল-তরল মিশ্রণের বাষ্পচাপ সংযুক্তি লেখচিত্রে সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন বিন্দু থাকে,** কেবলমাত্র তাদের ক্ষেত্রে উক্ত দুটি বিন্দুতে তরল মিশ্রণ ও এর বাষ্পের সংযুক্তি একই হয়। ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ তরল–তরল মিশ্রণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বোচ্চ বিন্দু এবং ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন অনাদর্শ তরল–তরল মিশ্রণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বনিম্ন বিন্দু থাকে। এ উভয় বিন্দুর তরল–তরল মিশ্রণ দ্বারা **সমস্ফুটন মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। আংশিক পাতন দ্বারা সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানসমূহকে পৃথক করা সম্ভব হয় না। কারণ সমস্ফুটন মিশ্রণের নির্দিষ্ট সংযুক্তির মোট বাষ্পচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়, তাই সমস্ফুটন মিশ্রণটি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক তরলরূপে ফুটতে থাকে।**

http://pdfcorner.com

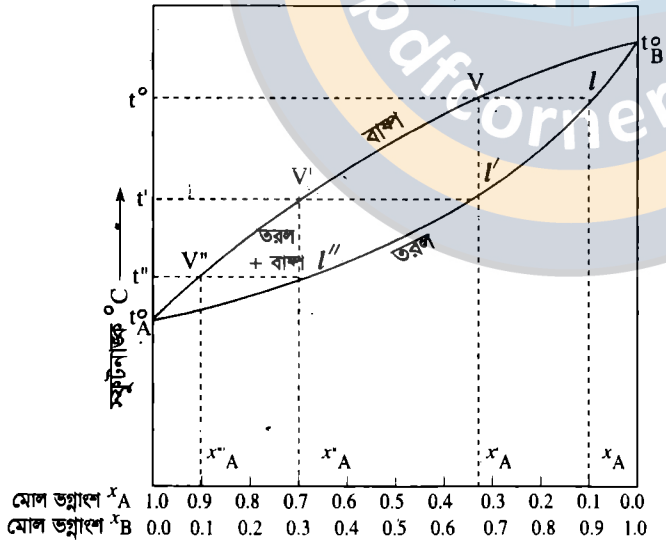
## ৮.১৩। তরল-তরল দ্রবণের পাতন

### Distillation of Liquid-Liquid Solution

এ পর্যায়ে তিন শ্রেণীর তরল–তরল দ্রবণের পাতন পৃথকভাবে আলোচনা করা হবে।

**(১) আদর্শ তরল–যুগল দ্রবণের পাতন এবং আংশিক পাতনের মূলনীতি ঃ** স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখচিত্র থেকে আদর্শ তরল– তরল দ্রবণের পাতনের নীতি সহজে ব্যাখ্যা করা যায়। নির্দিষ্ট বাহ্যিক চাপে সাধারণত 1 atm চাপে উপাদান দুটি A ও B-এর বিভিন্ন নয়টি আনুপাতিক মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখ আঁকলে 'তরল' চিহ্নিত অবতল লেখটি পাওয়া যায় (চিত্র ৮·৭)। পুরোপুরি আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে এটি সরলরেখা হওয়ার কথা, কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে তা সামান্য বাঁকা হয়ে থাকে।

অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানকে A দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে, এ কারণে বিশুদ্ধ A এর স্ফুটনাঙ্ক $\left(t_A^\circ\right)$ বিশুদ্ধ B এর স্ফুটনাঙ্ক $\left(t_B^\circ\right)$ অপেক্ষা কম। বিভিন্ন অনুপাতের মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্কে যে বাষ্প সৃষ্টি হয় তার সংযুক্তি "বাষ্প" চিহ্নিত উত্তল রেখা বরাবর পরিবর্তিত হয়। যেমন t°C তাপমাত্রা যে তরল মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক, তার সংযুক্তি $l$ বিন্দু দ্বারা নির্দেশিত অর্থাৎ তাতে A এর মোল ভগ্নাংশ হচ্ছে $x_A$, এখানে $x_A = 0.1$ । এ মিশ্রণ যখন t°C তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে তখন উৎপন্ন বাষ্পের সংযুক্তি v বিন্দু দ্বারা নির্দেশিত হয়। সুতরাং এ বাষ্পে A এর মোল ভগ্নাংশ $x'_A$ অর্থাৎ $x'_A = 0.33$ (প্রায়)। সুতরাং t°C তাপমাত্রায় তরল মিশ্রণে A এর মোল ভগ্নাংশ $x_A$, কিন্তু বাষ্পে A এর মোল ভগ্নাংশ $x'_A$। লেখচিত্র থেকে এটি স্পষ্ট যে, $x'_A > x_A$। অর্থাৎ বাষ্পে তরল অবস্থা অপেক্ষা অধিকতর অনুপাতে উপাদান A বিদ্যমান।

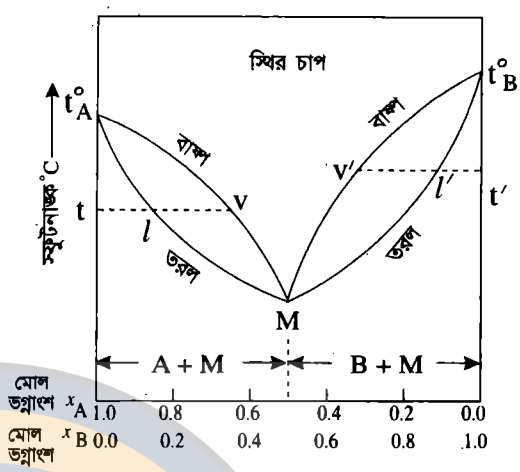



চিত্র ৮·৭ ঃ আদর্শ তরল–তরল মিশ্রণের পাতন (স্থির চাপে) লেখচিত্র।

সুতরাং A ও B এর একটি তরল মিশ্রণ, যাতে A এর মোল ভগ্নাংশ হচ্ছে $x_A$, তা নিয়ে পাতন আরম্ভ করলে পাতিত অংশে A এর মোল ভগ্নাংশ হচ্ছে $x'_A$। পাতনের সময় বাষ্পকে v বিন্দু দ্বারা চিহ্নিত করা হলেও, ঘনীভূত হওয়ার পর প্রাপ্ত তরল $l'$ বিন্দু দ্বারা নির্দেশিত হবে। এ পাতিত তরলের স্ফুটনাঙ্ক $t'$ । সুতরাং এ পাতিত অংশকে পুনরায় পাতিত করলে প্রথমে যে বাষ্প ও ঘনীভবনের পরে যে তরল পাওয়া যাবে, তাতে A এর মোল ভগ্নাংশ হচ্ছে $x_A''$। এ সংযুক্তির বাষ্প ও তরল অবস্থা যথাক্রমে $v'$ ও $l''$ দ্বারা চিহ্নিত। $x''_A > x'_A$ অর্থাৎ প্রতিটি পাতন পদক্ষেপে পাতিত তরলে A-এর উপাদান ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। পাতন প্রক্রিয়া যথেষ্টবার পুনরাবৃত্তি করা হলে বিশুদ্ধ A উপাদান অর্থাৎ নিম্নতর স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদান পাতিত অংশ হিসেবে পাওয়া যাবে। অপরদিকে পাতন পাত্রে অবশেষ থেকে A উপাদান বাষ্পাকারে অধিকতর হারে নির্গত হওয়ায় শেষে ঐ পাতন পাত্রে B উপাদানের পরিমাণ বাড়তে থাকে। এক সময় ঐ পাত্রে প্রায় বিশুদ্ধ B পড়ে থাকে।

http://pdfcorner.com

**(২) সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল যুগলের পাতন ঃ** রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে বিভিন্ন অনুপাতের দ্রবণের স্ফুটনাঙ্কের বিপরীতে সংযুক্তি বসালে চিত্র ৮·৮– এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়। "তরল" লেখা বক্র রেখাটি তরল অবস্থার সংযুক্তি এবং "বাষ্প" লেখা বক্ররেখাটি উৎপন্ন বাষ্পের সংযুক্তি নির্দেশ করে। লেখচিত্রে একটি সর্বনিম্ন বিন্দু M বিদ্যমান; যেখানে বাষ্পলেখটি ও তরল লেখটি মিলিত হয়েছে। এ M বিন্দুটি বিশুদ্ধ A ও B উপাদানদ্বয়ের স্ফুটনাঙ্কের নিচে।




চিত্র ৮·৮ ঃ সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরল -যুগলের স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখচিত্র।

যেহেতু M বিন্দুতে তরল ও বাষ্পের সংযুক্তি একই, সেহেতু M সংযুক্তির তরল মিশ্রণকে ফুটালে তা বিশুদ্ধ তরলের ন্যায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ফুটতে থাকবে এবং উৎপন্ন বাষ্পের সংযুক্তিও হুবহু তরলের সংযুক্তির সমান হবে। অর্থাৎ তরল মিশ্রণটি একটি বিশুদ্ধ তরল উপাদানের মত অপরিবর্তিত অবস্থায় বাষ্পীভূত হতে থাকবে। এ জাতীয় মিশ্রণকে **সর্বনিম্ন স্থির–স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট মিশ্রণ** (minimum constant boiling mixture) বলা হয়। যেহেতু বাষ্পের সংযুক্তি তরলের অনুরূপ, সেহেতু এ মিশ্রণকে পাতন করলে পাতিত তরল মূল মিশ্রণের অনুরূপ সংযুক্তি বিশিষ্ট হয়। সুতরাং এ মিশ্রণকে বার বার পাতন করলেও একই মিশ্রণ পাওয়া যাবে।

M মিশ্রণকে একটি উপাদান হিসেবে বিবেচনা করে A ও B এর মিশ্রণকে সংযুক্তি অনুযায়ী A ও M অথবা M ও B এর দুটি আদর্শ মিশ্রণ হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে। সুতরাং এ ধরনের সিস্টেমের স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখচিত্রের বাম অংশকে বিশুদ্ধ A ও M-এর আদর্শ স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখচিত্র এবং ডান অংশকে বিশুদ্ধ M ও B এর আদর্শ স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখচিত্র হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

সুতরাং এ ধরনের তরল–তরল দ্রবণকে আংশিক পাতন করলে সর্বাপেক্ষা উদ্বায়ী মিশ্রণ M পাতিত তরল হিসেবে পাওয়া যাবে এবং পাতন পাত্রে অবশেষ হিসেবে A অথবা B পড়ে থাকবে। প্রাথমিক তরলের মিশ্রণের সংযুক্তি A ও M এর মধ্যবর্তী হলে পাত্রে বিশুদ্ধ A পড়ে থাকবে। অপরদিকে প্রাথমিক তরল মিশ্রণের সংযুক্তি M ও B এর মধ্যবর্তী হলে পাত্রে বিশুদ্ধ B পড়ে থাকবে।

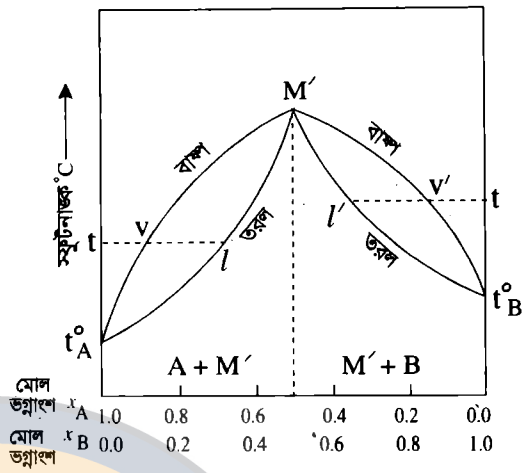
সুতরাং এ জাতীয় তরল–তরল দ্রবণের উপাদানদ্বয়কে আংশিক পাতনের মাধ্যমে পুরোপুরি পৃথক করা সম্ভব নয়। খুব বেশি হলে একটি নিম্নতম স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ও একটি বিশুদ্ধ উপাদানে পৃথক করা যায় মাত্র।

ইথানল–পানি সিস্টেম এ ধরনের তরল–তরল মিশ্রণের ভাল উদাহরণ। এ সিস্টেমের নিম্নতম স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক হচ্ছে 78.15°C এবং তাতে ইথানলের পরিমাণ মোল হিসেবে 89.4% ও ভর হিসেবে 95.6%। সুতরাং ইথানল– পানির মিশ্রণকে পাতন করলে বিশুদ্ধ ইথানল পাওয়া যায় না; ভর হিসেবে 95.6% ইথানল ও 4.4% পানিবিশিষ্ট মিশ্রণ পাতিত হয়। এ মিশ্রণকে **রেক্‌টিফাইড স্পিরিট** বলা হয়।



http://pdfcorner.com

**(৩) সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল–যুগলের পাতন ঃ** রাউল্টের সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণের থেকে বিভিন্ন অনুপাতের দ্রবণের স্ফুটনাঙ্কের বিপরীতে সংযুক্তি বসালে চিত্র ৮·৯ এর ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যায়, যাতে "তরল" ও "বাষ্প" লেখা বক্ররেখাদ্বয় যথাক্রমে তরল ও বাষ্পদশার সংযুক্তি নির্দেশ করে। যেহেতু এ ধরনের তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বনিম্ন বিন্দু আছে, সেহেতু এ সিস্টেমের স্ফুটনাঙ্ক সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বোচ্চ বিন্দু M´ বিদ্যমান। M´ বিন্দুতে বাষ্প লেখটি ও তরল লেখটি মিলিত হয়েছে। M´ বিন্দুটি বিশুদ্ধ A ও B এর স্ফুটনাঙ্কের উপরে। যেহেতু A বিন্দুতে তরল ও বাষ্পের সংযুক্তি একই, সেহেতু M´ সংযুক্তির তরল




চিত্র ৮·৯ ঃ সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল-তরল মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক বনাম সংযুক্তি লেখ।

মিশ্রণকে ফুটালে তা বিশুদ্ধ তরলের ন্যায় স্থির তাপমাত্রায় ফুটতে থাকবে। উৎপন্ন বাষ্পের সংযুক্তি হুবহু তরল মিশ্রণের সংযুক্তির অনুরূপ হবে। অর্থাৎ তরল মিশ্রণটি একটি বিশুদ্ধ তরল উপাদানের মত অপরিবর্তিত অবস্থায় বাষ্পীভূত হতে থাকবে। এ জাতীয় মিশ্রণকে **সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট মিশ্রণ** (Maximum constant boiling mixture) বলা হয়।

M´ মিশ্রণকে একটি উপাদান হিসেবে বিবেচনা করলে এই ধরনের সিস্টেমের লেখচিত্রকে বিশুদ্ধ A ও M´ এর লেখ এবং M´ ও B এর লেখ–এর সম্মিলিত রূপ হিসেবে গণ্য করা যায়। A ও M´ এর মধ্যবর্তী যে কোন সংযুক্তি সম্পন্ন তরলকে আংশিক পাতন করলে বাষ্পে A-এর পরিমাণ অধিকতর এবং ফলে পাতিত তরলেও ক্রমশ A এর পরিমাণ বাড়তে থাকবে এবং শেষ পর্যন্ত প্রায় বিশুদ্ধ A তে পরিণত হবে। পক্ষান্তরে M´ও B এর মধ্যবর্তী কোন সংযুক্তির তরলকে পাতন করলে বাষ্পে এবং ফলে পাতিত তরলে ক্রমশ B এর পরিমাণ বাড়তে থাকবে এবং শেষ পর্যন্ত প্রায় বিশুদ্ধ B তে পরিণত হবে। উভয় ক্ষেত্রে পাতন ফ্লাস্কে অবশেষের সংযুক্তি ক্রমশ M´ এর নিকটবর্তী হবে। সুতরাং সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল সিস্টেমের উপাদান দুটিকে আংশিক পাতন দ্বারা বিশুদ্ধ অবস্থায় সম্পূর্ণভাবে পৃথক করা অসম্ভব, তবে তরল মিশ্রণকে কেবলমাত্র সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ও কোন একটি বিশুদ্ধ উপাদানে পৃথক করা যায় মাত্র।

## ৮.১৪। সম বা স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ বা অ্যাজিওট্রোপিক মিশ্রণ

**Constant Boiling Mixture or Azeotropic Mixture**

**সংজ্ঞা ঃ যে নির্দিষ্ট সংযুক্তিতে একটি তরল–তরল মিশ্রণ একটি বিশুদ্ধ তরল পদার্থের ন্যায় তার সংযুক্তি অপরিবর্তিত রেখে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে, তাকে সমস্ফুটন মিশ্রণ বা স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ বা অ্যাজিওট্রোপিক মিশ্রণ বলে।** এ অবস্থায় তরল-তরল দ্রবণের এবং এদের বাষ্পের সংযুক্তি একই থাকে। এ মিশ্রণ কোন্ নতুন যৌগ নয়, কারণ তার সংযুক্তি বাহ্যিক চাপ পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়। স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ দুধরনের হতে পারে। যেমন,

**(১) সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ঃ** এ ক্ষেত্রে মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক তার উপাদানদ্বয়ের প্রত্যেকটির স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম; যেমন, (১) রেক্টিফাইড স্পিরিট বা 95.6% ইথানল ও 4.4% পানির দ্রবণ একটি সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ; এর স্ফুটনাঙ্ক 78.15° C । কিন্তু বিশুদ্ধ ইথানল ও পানির স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 78.3°C ও 100°C।

http://pdfcorner.com

**(২) সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ঃ** সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক তার উপাদানদ্বয়ের প্রত্যেকটির স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি হয়। যেমন, 68.2% $HNO_3$ ও 31.8% পানির দ্রবণ একটি সর্বোচ্চ স্থির সমস্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ; এর স্ফুটনাঙ্ক 120.5°C। কিন্তু বিশুদ্ধ $HNO_3$ ও পানির স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 86°C ও 100°C।

নিম্নে ৮·১ নং সারণিতে কয়েকটি সমস্ফুটন মিশ্রণের উদাহরণ দেয়া হল ঃ

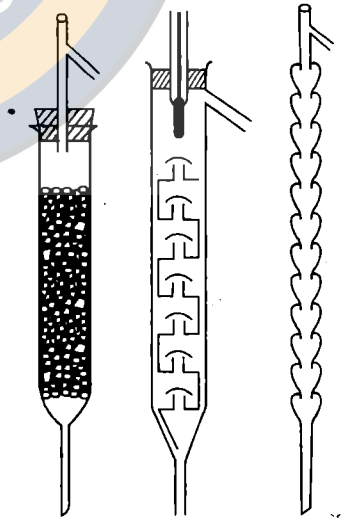
**সারণি ৮·১ ঃ কয়েকটি সমস্ফুটন মিশ্রণের সংযুক্তি এদের স্ফুটনাঙ্ক।**

| সমস্ফুটনের শ্রেণী | সমস্ফুটন মিশ্রণ | সমস্ফুটন মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক ° C | ১ম উপাদান ও এর স্ফুটনাঙ্ক°C | ২য় উপাদান ও এর স্ফুটনাঙ্ক °C |
|---|---|---|---|---|
| (ক) সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ঃ | ১। রেক্‌টিফাইড স্পিরিট বা 95.6% ইথানলের জলীয় দ্রবণ। | 78.15° C | পানি; স্ফুটনাঙ্ক = 100° C | ইথানল, স্ফুটনাঙ্ক = 78.3° C |
| | ২। ইথানল (15.9%) ও $CCl_4$ (84.1%) মিশ্রণ | 65.10° C | ইথানল; স্ফুটনাঙ্ক = 78.3° C | $CCl_4$, স্ফুটনাঙ্ক = 76.7° C |
| | ৩। মিথানল (12.6%) ও ক্লোরোফরম (87.4%) মিশ্রণ | 53.4° C | মিথানল; স্ফুটনাঙ্ক = 64.7° C | $CHCl_3$, স্ফুটনাঙ্ক = 61.2° C |
| (খ) সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ ঃ | ১। 68.2% নাইট্রিক এসিড | 120.5° C | পানি; স্ফুটনাঙ্ক = 100° C | $HNO_3$, স্ফুটনাঙ্ক = 86° C |
| | ২। 20.2% হাইড্রোক্লোরিক এসিড | 108.6° C | পানি, স্ফুটনাঙ্ক = 100° C | তরল HCl; স্ফুটনাঙ্ক = – 85° C |
| | ৩। অ্যাসিটোন (56.1%) ও ক্লোরোফরম (43.9%) মিশ্রণ | 64.4° C | অ্যাসিটোন; স্ফুটনাঙ্ক = 56.1° C | $CHCl_3$; স্ফুটনাঙ্ক = 61.2° C |

## ৮.১৫। অংশীকরণ স্তম্ভের ব্যবহার
### Use of Fractionating Columns

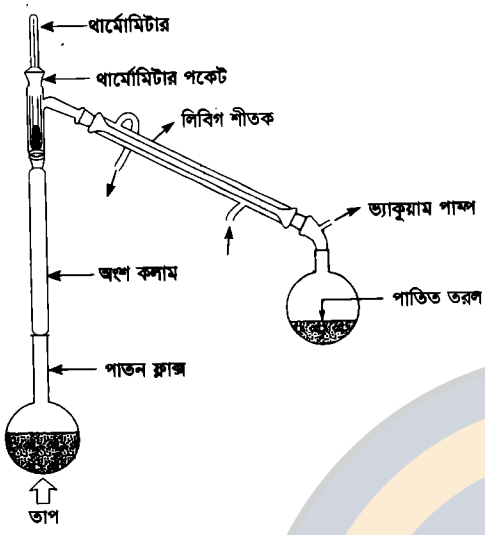
**(ক) অংশীকরণ স্তম্ভ বা অংশ কলাম ঃ** আদর্শ তরল-যুগলের দ্রবণকে বারবার পাতিত করে দুটি উপাদানই পৃথক করা যায়। নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল-তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে এ ধরনের পাতন দ্বারা (অ্যাজিওট্রপিক মিশ্রণ বাদে) এদের উপাদানের একটিকে পৃথক করা যায়। তবে বারবার পাতন করা সময়সাপেক্ষ এবং অসুবিধাজনক। সহজে যাতে বাষ্পে অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানের পরিমাণ বাড়ান যায় সেজন্য পাতনকালে পাতন ফ্লাস্কের উপর একটি দীর্ঘ শীতক যন্ত্র যুক্ত করে পাতন করা হয়; তাকে **"অংশীকরণ স্তম্ভ"** বা **"অংশ কলাম"** (Fractionating column) বলে।

বিভিন্ন ধরনের অংশীকরণ স্তম্ভ ব্যবহৃত হয়, তন্মধ্যে তিনটির চিত্র এখানে দেয়া হল (চিত্র ৮·১০)। ডানদিক থেকে প্রথমটিতে কয়েকটি **বাল্‌ব**, দ্বিতীয়টিতে **বাব্‌ল ক্যাপ** (bubble-cap) এবং তৃতীয়টি **বিড** (bead) দ্বারা পূর্ণ।




চিত্র ৮·১০ ঃ অংশীকরণ স্তম্ভ।

http://pdfcorner.com




চিত্র ৮.১১ ঃ আংশিক পাতন।

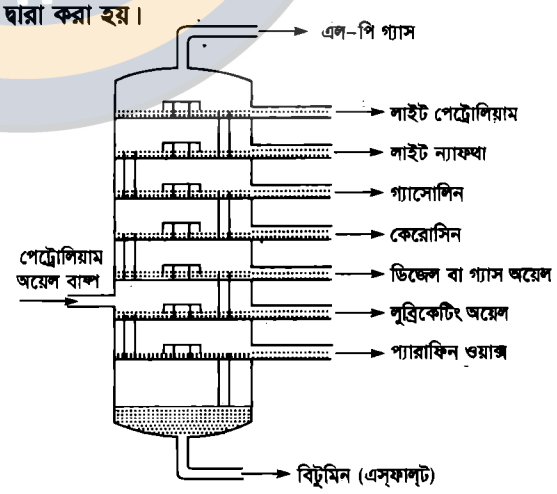
**(খ) আংশিক পাতন প্রক্রিয়ার বর্ণনা ঃ** তরল–তল মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়; তখন পাতন ফ্লাস্ক থেকে বাষ্পের মিশ্রণ উপরের দিকে "অংশ কলাম" সতম্ভে প্রবেশ করে। মনে করি, ছোট ছোট **বাল্‌বযুক্ত অংশীকরণ কলাম বা সতম্ভ** ব্যবহৃত হয়েছে [চিত্র ৮.১১]। বাষ্প প্রথম বাল্‌বে আসলে খানিকটা বাষ্প ঘনীভূত হয়। কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে যখন আরো গরম বাষ্প নিচ থেকে সেখানে উপস্থিত হয়, তখন উক্ত ঘনীভূত তরলের অধিকতর উদ্বায়ী অংশ গরম বাষ্পের প্রভাবে উড়ে দ্বিতীয় বাল্‌বে যায়। সেখানেও আবার উক্ত প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি হয়। অর্থাৎ ১ম বাল্‌বটি এখন একটি পাতন–ফ্লাস্ক রূপে কাজ করে এবং সেখান থেকে এখন ২য় বাল্‌বে পাতন হবে। প্রত্যেকটি বাল্‌ব যেন পৃথক পাতন ফ্লাস্ক রূপে পৃথক পাতন–ক্রিয়ার কাজ করে। এরূপ পুনঃপুনঃ পাতনের ফলে উর্ধ্বগামী বাষ্পে ক্রমশ অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানের পরিমাণ বাড়তে থাকে এবং সতম্ভ থেকে নির্গত শেষ পাতিত অংশে অধিকতর উদ্বায়ী বিশুদ্ধ উপাদানটি বা সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট মিশ্রণ থাকে। অপরদিকে নিম্নগামী তরলে অপেক্ষাকৃত কম–উদ্বায়ী উপাদানের পরিমাণ ক্রমশ বাড়তে থাকে। পাতন ফ্লাস্কে কম উদ্বায়ী বিশুদ্ধ উপাদানটি বা সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট মিশ্রণটি পড়ে থাকে।

## ৮.১৬। আংশিক পাতনের ব্যবহারিক উদাহরণ
## Practical Examples of Fractional Distillation

আংশিক পাতনের অনেক গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োগ আছে। রাসায়নিক ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন তরল পদার্থকে বিশুদ্ধ করতে এবং কোন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বিভিন্ন যৌগের মিশ্রণ থেকে একটি বিশেষ তরল যৌগকে পৃথক করতে আংশিক পাতন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। যেমন,

শিল্পক্ষেত্রে (১) অশোধিত পেট্রোলিয়াম অয়েলের উপাদানগুলো পৃথকীকরণ ও (২) তরল বায়ুর উপাদানগুলো যেমন অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পৃথকীকরণ আংশিক পাতন দ্বারা করা হয়।

**(১) অশোধিত পেট্রোলিয়াম অয়েলের উপাদানগুলো পৃথকীকরণ ঃ** মাটির নিচে খনিতে পেট্রোলিয়াম অয়েল নামে এক প্রকার তেল পাওয়া যায়, তাতে প্রধান উপাদান অ্যালকেন, সাইক্লো অ্যালকেন ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন থাকে। তাতে $C_1$ থেকে $C_{40}$ কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট প্রায় দেড় শ যৌগ থাকে। এ অশোধিত পেট্রোলিয়াম গাঢ় রঙিন ও দুর্গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। তাতে $H_2S$ গ্যাস দ্রবীভূত থাকার কারণে এরূপ দুর্গন্ধ হয়। বিভিন্ন রিফাইনারিতে এই অশোধিত পেট্রোলিয়াম অয়েলকে আংশিক পাতন করা হয়। আংশিক পাতনে প্রাপ্ত বিভিন্ন অংশ উড়োজাহাজের জ্বালানি, পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি হিসেবে বাজারে বিক্রি করা হয়।




চিত্র ৮.১২ ঃ পেট্রোলিয়াম অয়েলের অবিরাম আংশিক পাতন বাব্‌ল অংশ কলাম প্রক্রিয়ায়।

http://pdfcorner.com

পেট্রোলিয়াম রিফাইনারিতে 30 – 60 মিটার উঁচু এবং 3 – 6 মিটার ব্যাসবিশিষ্ট বিশালাকার **বাবল অংশ কলামের** মধ্যে পেট্রোলিয়াম অয়েলের বাষ্পকে চালনা করা হয় [চিত্র ৮.১২]। এ অংশ কলামের বিভিন্ন অংশ থেকে উপাদানসমূহের ঘনীভবন তাপমাত্রানুসারে আংশিক পাতিত তরলরূপে বিভিন্ন তরল অংশ যেমন (১) দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত লাইট পেট্রোলিয়াম, (২) দ্রাবক ও ড্রাই ওয়াসিং কাজে ব্যবহৃত লাইট ন্যাফথা, (৩) মোটরযান ও উড়োজাহাজে জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত গ্যাসোলিন, (৪) আলো জ্বালাতে ব্যবহৃত কেরোসিন, (৫) ট্রেন ও বাস–লরীর জ্বালানি হিসেবে ডিজেল, (৬) লুব্রিকেটিং অয়েল ও (৭) প্যারাফিন ওয়াক্স ইত্যাদি পৃথক হয়ে আসে।

অংশ কলামের প্রতিটি পৃথকীকরণ পর্যায়ে তরল ও বাষ্প সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়। নিম্ন স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট উপাদানগুলো অংশ কলামের উপর দিক দিয়ে এবং উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরলগুলো অংশ কলামের নিচের দিক দিয়ে পাতিত হয়। তলানিরূপে বিটুমিন (এস্‌ফাল্‌ট) অংশ কলামের নিচে জমা হয়।

**(২) তরল বায়ু থেকে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পৃথকীকরণ ঃ** শিল্পক্ষেত্রে এবং ব্যবহারিক জীবনে বিশুদ্ধ অক্সিজেন এবং বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার আছে। যেমন রোগীর শ্বাস–প্রশ্বাসের সুবিধার জন্য হাসপাতালে, অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা তৈরিতে, পর্বত শিখরে আরোহণকারীর ও পানিতে ডুবুরিদের জন্য বিশুদ্ধ অক্সিজেনের প্রয়োজন। এসব ক্ষেত্রে সিলিন্ডারে করে বিশুদ্ধ অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া ও নাইট্রোজেনঘটিত বিভিন্ন সার তৈরিতে এবং নাইট্রিক এসিড তৈরিতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রয়োজন। শিল্পক্ষেত্রে বায়ু থেকেই নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আহরণ করা হয়। কিন্তু নাইট্রোজেন (স্ফুটনাঙ্ক –196°C ) এবং অক্সিজেনের (স্ফুটনাঙ্ক –183°C ) স্ফুটনাঙ্ক প্রায় কাছাকাছি হওয়ায় তরল বায়ু থেকে সাধারণ পদ্ধতিতে এদের পৃথকীকরণ খুবই অসম্ভব। তাই এদের পৃথকীকরণের জন্য আংশিক পাতন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **তরল-তরল দ্রবণীয়তা ঃ** দুটি তরল পদার্থ উভয়েই পোলার অথবা অপোলার হলে তারা পরস্পরের সাথে সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় হয়। অপরদিকে একটি পোলার এবং অপরটি অপোলার হলে দুটি তরল পরস্পরের সাথে অমিশ্রণীয় হয়।

✪ **তরল-তরল সিস্টেমের শ্রেণীবিভাগ ঃ** পরস্পরের সাথে দ্রবণীয়তার ভিত্তিতে তরল–তরল সিস্টেমকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়– (১) সম্পূর্ণরূপে মিশ্রণীয় বা তরল-তরল দ্রবণ, (২) প্রায় অমিশ্রণীয় ও (৩) আংশিক মিশ্রণীয়।

✪ **রাউল্টের সূত্র ঃ** কোন অনুদ্বায়ী ও তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য দ্রব দ্বারা কোন তরল দ্রাবকের বাষ্পচাপের আপেক্ষিক অবনমনের পরিমাণ দ্রবণে দ্রবের মোল ভগ্নাংশের সমান।

✪ **রাউল্টের সূত্রের বিকল্প বিবৃতি ঃ** বিশুদ্ধ দ্রাবকের বাষ্পচাপকে দ্রবণে দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশ দ্বারা গুণ করলে যে গুণফল পাওয়া যায়, তা দ্রবণস্থ দ্রাবকের বাষ্পচাপের সমান।

✪ **রাউল্টের সূত্রের আলোকে তরল–তরল দ্রবণের শ্রেণীবিভাগ ঃ** সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল–তরল সিস্টেমকে রাউল্টের সূত্রের আলোকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। (১) মোটামুটিভাবে রাউল্ট সূত্র মেনে চলে এ ধরনের আদর্শ দ্রবণ। (২) রাউল্ট সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতি দেখায়, এ ধরনের অনাদর্শ দ্রবণ। (৩) রাউল্ট সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতি দেখায়, এ ধরনের অনাদর্শ দ্রবণ।

✪ **বিভিন্ন ধরনের তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র ঃ** (১) যে সকল তরল–তরল দ্রবণ মোটামুটিভাবে রাউল্টের সূত্র মেনে চলে, তাদের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্রে বিশেষ কোন বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয় না। সংযুক্তির সাথে সাথে বাষ্পচাপ ধারাবাহিকভাবে পরিবর্তিত হয়। সকল সংযুক্তিতে মিশ্রণের বাষ্পচাপ বিশুদ্ধ উপাদানদ্বয়ের বাষ্পচাপের মধ্যে থাকে। (২) রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বোচ্চ বিন্দু থাকে, যা বিশুদ্ধ উপাদানদ্বয়ের বাষ্পচাপ অপেক্ষা বেশি। (৩) রাউল্টের সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট তরল-তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্রে একটি সর্বনিম্ন বিন্দু থাকে, যা বিশুদ্ধ উপাদানদ্বয়ের বাষ্পচাপ অপেক্ষা কম।

http://pdfcorner.com

✪ **তরল–তরল মিশ্রণের তরল ও বাষ্পের সংযুক্তি ঃ** সাধারণত যে কোন তরল–তরল দ্রবণ এবং এর সাথে সাম্যাবস্থায় বিরাজমান বাষ্পের সংযুক্তি একই হয় না। তরল দশা অপেক্ষা বাষ্পদশায় অধিকতর উদ্বায়ী উপাদানটির আনুপাতিক পরিমাণ বেশি থাকে। তবে যে তরল যুগলের দ্রবণের বাষ্পচাপে সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন বিন্দু থাকে, সে বিন্দুতে তরল ও বাষ্প অবস্থায় সংযুক্তি একই হয়।

✪ **তরল–তরল দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক–সংযুক্তি রেখা ঃ** আদর্শ দ্রবণের ক্ষেত্রে এ রেখা ধারাবাহিকভাবে পরিবর্তিত হয়। রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট দ্রবণের ক্ষেত্রে একটি সর্বনিম্ন বিন্দু পরিলক্ষিত হয়। অপরদিকে ঋণাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট দ্রবণের ক্ষেত্রে একটি সর্বোচ্চ বিন্দু বিদ্যমান।

✪ **বিভিন্ন তরল–তরল দ্রবণের আংশিক পাতন ঃ** (১) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের আংশিক পাতন দ্বারা উপাদানদ্বয় পৃথক করা যায়। (২) সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণকে আংশিক পাতিত করলে সর্বনিম্ন স্থির স্ফুটনাঙ্কের সংযুক্তিবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণ পাতিত হয়। একটি উপাদান (যা বেশি পরিমাণে বিদ্যমান) অবশেষ হিসেবে থাকে। (৩) সর্বোচ্চ স্থির স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণের আংশিক পাতনের সময় একটি উপাদান (যা বেশি পরিমাণে বিদ্যমান) পাতিত হয়। স্থির স্ফুটনাঙ্কের সংযুক্তিবিশিষ্ট দ্রবণ অবশেষ হিসেবে থাকে।

## অনুশীলনী–৮ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। কোন্ কোন্ ধরনের দুটি তরল পরস্পরের সাথে মিশ্রণীয় বা অমিশ্রণীয় হয়?

২। দুটি তরলের মিশ্রণকে দ্রবণীয়তার ভিত্তিতে কয়ভাগে ভাগ করা যায়?

৩। (ক) বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র কী? তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০০৯]

(খ) রাউল্টের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। [ব. বো. ২০১১]

৪। তরল-তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৭, সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯]

৫। (ক) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ কী? এর বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর। [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০১০]

(খ) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ দ্রবণের সংযুক্তির সাথে কিরূপে পরিবর্তিত হয় তা লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

৬। (ক) রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির তরল-তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০১০]

(খ) রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির তরল–তরল দ্রবণ কখন তৈরি হয়?

৭। (ক) রাউল্টের সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্র ব্যাখ্যা কর।

(খ) রাউল্টের সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতির তরল-তরল দ্রবণ কখন সৃষ্টি হয়?

৮। (ক) অনাদর্শ দ্রবণের আদর্শ অবস্থা হতে বিচ্যুতির কারণ লেখ চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) কখন একটি আদর্শ দ্রবণ অনাদর্শ রূপে আচরণ করে? [ব. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮]

(গ) আদর্শ আচরণ থেকে দ্রবণের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর। [য. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৯। বিভিন্ন শ্রেণীর তরল-তরল দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক-সংযুক্তি লেখচিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

১০। (ক) আংশিক পাতন বলতে কী বুঝ? আংশিক পাতনের মূলনীতি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১ ]

(খ) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের পাতন লেখচিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

১১। (ক) রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতি সম্পন্ন তরল–তরল দ্রবণের পাতন ব্যাখ্যা কর।

(খ) সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল–তরল দ্রবণের পাতন ব্যাখ্যা কর।

১২। (ক) রাউল্টের সূত্র থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতিবিশিষ্ট তরল-যুগল মিশ্রণের পাতন আলোচনা কর।

(খ) সর্বোচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল-তরল দ্রবণের পাতন লেখচিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

১৩। অংশীকরণ স্তম্ভ কী? এর ক্রিয়াকৌশল আলোচনা কর।

১৪। আংশিক পাতনের ব্যবহারিক প্রয়োগের ক্ষেত্রে অশোধিত পেট্রোলিয়াম অয়েলের উপাদানগুলো পৃথকীকরণ বর্ণনা কর।

## খ-বিভাগ : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। মিশ্রণ ও দ্রবণ কাকে বলে? এদের মধ্যে মূল পার্থক্য কী?

২। সমসত্ত্ব মিশ্রণ কী? তরল–তরল সমসত্ত্ব মিশ্রণের উদাহরণ দাও।

৩। তরল যুগল সিস্টেমকে কয় শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়? এদের শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ লেখ।

৪। (ক) রাউল্টের সূত্রের গাণিতিক সংজ্ঞা লেখ।

(খ) রাউল্টের সূত্রের বিকল্প বিবৃতিটি লেখ।

(গ) রাউল্টের সূত্রে তাপমাত্রা উল্লেখের প্রয়োজন নেই কেন?

(ঘ) তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে রাউল্টের সূত্রটি বিবৃত কর।

৫। (ক) বাষ্প চাপের আপেক্ষিক অবনমন কাকে বলে?

(খ) মোল ভগ্নাংশ কাকে বলে?

৬। রাউল্টের সূত্রমতে সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় তরল যুগল কয় শ্রেণীতে বিভক্ত?

৭। (ক) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের শর্ত বা বৈশিষ্ট্যসমূহ কী কী? [ ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৯ ]

(খ) অনাদর্শ দ্রবণ কী? অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণের শর্ত বা বৈশিষ্ট্যসমূহ কী কী? [সি. বো. ২০১০ ]

(গ) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ ও অনাদর্শ তরল-তরল দ্রবণ কী? আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ ও অনাদর্শ তরল-তরল দ্রবণের তিনটি পার্থক্য লেখ।

(ঘ) দেখাও যে, আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ এর সংযুক্তি পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়।

৮। (ক) দুটি তরলের মিশ্রণের বাষ্পে এদের আংশিক চাপ আদর্শ চাপ অপেক্ষা কেন বেশি হয়? এরূপ ক্ষেত্রের উদাহরণ দাও।

(খ) তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে আদর্শ আচরণ থেকে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর।
[ কু. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১১]

৯। দুটি তরলের মিশ্রণের বাষ্পে এদের আংশিক চাপ আদর্শ চাপ অপেক্ষা কেন কম হয়? এরূপ ক্ষেত্রের উদাহরণ দাও।

১০। সাম্যাবস্থায় তরল যুগলের বিদ্যমান বাষ্পে কোন উপাদানের আনুপাতিক পরিমাণ বেশি থাকে? এরূপ একটি মিশ্রণের উদাহরণ দাও।

http://pdfcorner.com

১১। (ক) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? দুটি উদাহরণ দাও। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০]

(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানসমূহকে আংশিক পাতনের সাহায্যে পৃথক করা যায় না কেন ? [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০]

১২। (ক) সমস্ফুটন মিশ্রণের শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ লেখ।

(খ) সমস্ফুটন পাতনের দুটি ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

১৩। (ক) ইথানল ও পানির মিশ্রণকে আংশিক পাতন দ্বারা বিশোধন কালে 95.6% এর অধিক ঘনমাত্রার অ্যালকোহল দ্রবণ তৈরি করা যায় না কেন?

(খ) সমস্ফুটন পাতন প্রণালীতে প্রাপ্ত রেক্‌টিফাইড স্পিরিট থেকে কীভাবে নির্জলা অ্যালকোহল বা 100% বিশুদ্ধ ইথানল পাওয়া যায়? [ **উত্তর সংকেত ঃ** রসায়ন ২য় পত্রের ৭.৭.১ অনুচ্ছেদের ২(ক) দ্রষ্টব্য]

১৪। অংশীকরণ স্তম্ভ বা অংশ-কলাম বলতে কী বুঝ?

১৫। অশোধিত পেট্রোলিয়াম কী?

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা–৮

**সমীকরণ ঃ** (1) $P_A = P_A^0 \times x_{A(l)}$; $P_B = P_B^0 \times x_{B(l)}$, $P = (P_A + P_B)$

(2) $P_A = P \times x_{A(v)}$ $P_B = P \times x_{B(v)}$

১। 300 K তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ তরল A এর বাষ্পচাপ 20 kPa হয়। একই তাপমাত্রায় B নামক দ্বিতীয় তরলে দ্রবীভূত অবস্থায় তরল A-এর বাষ্পচাপ 14 kPa হয়। এ আদর্শ দ্রবণে A এর মোল ভগ্নাংশ নির্ণয় কর।

[**উত্তর ঃ** 0.7]

২। 298 K তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ ইথানলের বাষ্পচাপ 5.33 kPa হয়। একই তাপমাত্রায় পানি ও ইথানলের দ্রবণে ইথানলের বাষ্পচাপ 4.27 kPa হলে ঐ দ্রবণের মোল ভগ্নাংশ সংযুক্তি নির্ণয় কর।

[**উত্তর ঃ** $C_2H_5OH = 0.8$ ; পানি $= 0.2$]

৩। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় মিথানল ও ইথানলের বাষ্প-চাপ যথাক্রমে 22 kPa ও 16.66 kPa । ঐ তাপমাত্রায় 80 g মিথানল ও 57.5 g ইথানলের একটি আদর্শ দ্রবণের মোট বাষ্প-চাপ কত হবে?

[ **উত্তর ঃ** 20.24 kPa (প্রায়)] [ রা. বো. ২০০২ ]

৪। 64 g মিথানল ($CH_3OH$) ও 46 g ইথানল ($C_2H_5OH$) মিশিয়ে একটি আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ তৈরি করা হল। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ মিথানল ও ইথানলের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 81 kPa এবং 45 kPa হলে তখন দ্রবণের উপরে মোট বাষ্পচাপ কত হবে এবং বাষ্পে মিথানলের মোল ভগ্নাংশ কত হবে?

[**উত্তর ঃ** 69 kPa, 0.783 ]

৫। 50°C তাপমাত্রায় টলুইন ও হেক্সেনের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 141 mm (Hg) ও 93 mm (Hg)। যে সংযুক্তিতে উভয়ের আংশিক বাষ্পচাপ সমান হয়, তা নির্ণয় কর।

[ **উত্তর ঃ** টলুইন = 0.3974; হেক্সেন = 0.6026 ]

৬। (ক) বেনজিন ও টলুইন একটি আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বেনজিন ও টলুইনের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 150 mm (Hg) ও 50 mm (Hg) । যে দ্রবণে সমান ভরের বেনজিন ও টলুইন উপস্থিত আছে, তার মোট বাষ্পচাপ নির্ণয় কর। [ **উত্তর ঃ** 104.1 mm (Hg) ]

http://pdfcorner.com

(খ) বেনজিন ও টলুইন একটি আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বেনজিন ও টলুইনের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 20.0 kPa এবং 6.67 kPa। যে দ্রবণে সমান ভরের বেনজিন ও টলুইন অবস্থিত আছে, তার মোট চাপ নির্ণয় কর। [ **উত্তর ঃ** 13.88 kPa ] [ রা. বো. ২০০৮]

৭। 25°C তাপমাত্রায় দুটি তরল–এর বাষ্পচাপ যথাক্রমে 15 kPa ও 40 kPa। ঐ তাপমাত্রায় 1 মোল A এবং 5 মোল B এর একটি আদর্শ মিশ্রণের বাষ্পচাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। [ **উত্তর ঃ** 35.83 kPa]

৮। হেক্সেন ও হেপ্টেন একটি আদর্শ তরল-তরল মিশ্রণ গঠন করে। 30°C তাপমাত্রায় হেক্সেনের বাষ্পচাপ 30 kPa এবং হেপ্টেনের বাষ্পচাপ 12 kPa হয়। হেক্সেন ও হেপ্টেনের একটি সমমোলার মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ ও মিশ্রণের উপরিস্থিত বাষ্পে হেপ্টেনের মোল ভগ্নাংশ নির্ণয় কর। [ **উত্তর ঃ** 21 kPa; 0.286 ]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। পরস্পর মিশ্রণীয় দুটি তরল A ও B আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। এ দ্রবণটি তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য রাউল্টের সূত্র মেনে চলে। 75°C তাপমাত্রায় উভয় তরলের বাষ্পচাপ যথাক্রমে $P_A^\circ$ ও $P_B^\circ$ হয়। এক্ষেত্রে তরল A অধিক উদ্বায়ী।

(ক) দ্রবণের উপাদানের মোল ভগ্নাংশ কী? ১

(খ) তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্রটি লেখ এবং গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ২

(গ) উদ্দীপক মতে উভয় তরলের বিভিন্ন মোল ভগ্নাংশকে X-অক্ষ এবং $P_A^\circ$ ও $P_B^\circ$ কে Y-অক্ষ ধরে মিশ্রণের উপাদানের আংশিক বাষ্পচাপ ও মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ লেখচিত্র অঙ্কন কর। মোল ভগ্নাংশের পরিবর্তনে মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ P পরিবর্তিত হয় তা লেখচিত্র থেকে ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, তরল A ও B যথাক্রমে বেনজিন ও টলুইন হলে তখন দ্রবণটি আদর্শ দ্রবণ হবে কীনা ব্যাখ্যা কর। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বেনজিন ও টলুইনের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 20 kPa এবং 6.67 kPa। ঐ তাপমাত্রায় যে দ্রবণে সমান ভরের বেনজিন ও টলুইন আছে, ঐ মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ গণনা কর। [ উঃ 13.88 kPa] ৪

২। রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণের বেলায় বাষ্পচাপ–সংযুক্তি লেখচিত্রে যথাক্রমে একটি সর্বোচ্চ বিন্দু ও সর্বনিম্ন M বিন্দু থাকে। এ M বিন্দুতে উভয় তরলের নির্দিষ্ট সংযুক্তি একটি সম্ফূটন মিশ্রণ তৈরি করে।

(ক) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ কী? ১

(খ) n-হেক্সেন ও n-হেপ্টেনের মিশ্রণ এবং ইথানল ও পানির মিশ্রণ দুটির মধ্যে কোন্‌টি আদর্শ দ্রবণ ও কোন্‌টি অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ তা যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের মতে, অনাদর্শ উভয় শ্রেণীর তরল–তরল দ্রবণের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন M বিন্দু দ্বারা কী অর্থ প্রকাশ পায় তা উদাহরণ সহকারে লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? এ মিশ্রণের দুটি উদাহরণ দাও। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় মিথানল ও ইথানলের বাষ্পচাপ যথাক্রমে 22kPa ও 16.66 kPa। ঐ তাপমাত্রায় 80 g মিথানল ও 57.5g ইথানলের একটি আদর্শ দ্রবণের মোট বাষ্প–চাপ কত হবে? [উঃ 20.24kPa] ৪



http://pdfcorner.com

৩। চিনিকলে গাঢ়ীকৃত ইক্ষুরস থেকে চিনির কেলাস পৃথক করার পর প্রাপ্ত মাতৃদ্রবণ বা ' মোলাসেস'–এ প্রায় 30 – 32% চিনি থাকে। এই 'মোলাসেস' থেকে ফারমেন্টেশন প্রক্রিয়ায় 6 – 10% ইথানল তৈরি করা হয়। আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় ইথানলের গাঢ়ীকরণ কালে 'রেক্‌টিফাইড স্পিরিট নামে' 95.6% ইথানল ও 4.4% পানির একটি মিশ্রণ পাতিত তরলরূপে পাওয়া যায়; এটি একটি তরল–তরলের সমস্ফুটন মিশ্রণ। এটি রাউল্টের সূত্র মতে তরল–তরল অনাদর্শ দ্রবণ।

(ক) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? ১

(খ) কখন দুটি তরল সমস্ফুটন মিশ্রণ তৈরি করে তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, আংশিক পাতন কী? আংশিক পাতনের মূলনীতি ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অনাদর্শ দ্রবণের বৈশিষ্ট্য কী? 25°C তাপমাত্রায় ক্লোরোফরম ($CHCl_3$) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ($CCl_4$) এর বাষ্পচাপ যথাক্রমে 199.1mm (Hg) ও 114.5mm (Hg) । উভয় তরল আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। ঐ মিশ্রণে প্রতিটি উপাদান 1 mol হলে, তবে (১) দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ কত? (২) মিশ্রণের বাষ্পীয় অবস্থায় প্রতিটি উপাদানের মোল ভগ্নাংশ সংযুক্তি গণনা কর। ৪

৪। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় মিথানল ও ইথানলের বাষ্প চাপ যথাক্রমে 81 kPa এবং 45 kPa হয়। ঐ তাপমাত্রায় 64g মিথানল ও 46 g ইথানল মিশিয়ে একটি আদর্শ তরল তরল দ্রবণ তৈরি করা হল। তুমি আংশিক পাতন দ্বারা মিথানলকে পৃথক করে অবশিষ্ট ইথানলে পানি মিশিয়ে আবার পাতন করতে গিয়ে দেখলে এ ইথানল পানির মিশ্রণটি সম্ফুটন মিশ্রণ তৈরি করে এবং রাউল্টের সূত্র থেকে বিচ্যুতি দেখায়।

(ক) পোলার দ্রাবক কী ১

(খ) বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্রটি কী? তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, আদর্শ তরল–তরল দ্রবণটির মোট বাষ্প চাপ এবং ঐ বাষ্পে মিথানলের মোল ভগ্নাংশ কত হবে গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ২য় তরল–তরল মিশ্রণটি রাউল্টের সূত্র থেকে কী প্রকারের বিচ্যুতি দেখাবে তা ঐ দ্রবণের উপাদানের বৈশিষ্ট্য সহকারে ব্যাখ্যা কর। পাতন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত সম্ফুটন মিশ্রণটির সংযুক্তি ও স্ফুটনাঙ্ক কত? এ মিশ্রণটির উপাদান পৃথকীকরণ আলোচনা কর। ৪

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক ঃ

১। অনুদ্বায়ী ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য কঠিন দ্রবের দ্রবণ রাউল্টের সূত্র মেনে চলে, দ্রবণটি যখন–

(ক) লঘু দ্রবণ (খ) গাঢ় দ্রবণ (গ) সম্পূর্ণ মিশ্রণীয় হয় (ঘ) কোনটি নয়

২। রাউল্টের সূত্র মতে, দ্রবণের ঘনমাত্রার একক হল ঃ

(ক) মোলার দ্রবণ (খ) মোল ভগ্নাংশ (গ) মোলাল দ্রবণ (ঘ) শতকরা ঘনমাত্রা

৩। দুটি তরল আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে, যখন উভয় তরল–

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষ্য (খ) দুটি তরল অনুরূপ প্রকৃতির হয়

(গ) পোলার ও অপোলার হয় (ঘ) তড়িৎ অবিশ্লেষ্য

৪। আদর্শ দ্রবণ প্রস্তুতির কালে দ্রবণে মোট আয়তনের কী পরিবর্তন ঘটে?

(ক) $\Delta V = 0$ (খ) $\Delta V$ = ধনাত্মক (গ) $\Delta V$ = ঋণাত্মক (ঘ) কোনটি নয়

http://pdfcorner.com

৫। আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ তৈরিতে মিশ্রণের তাপীয় পরিবর্তন কীরূপ হয়?

(ক) $\Delta H$ = ধনাত্মক (খ) $\Delta H$ = ঋণাত্মক (গ) $\Delta H = 0$ (ঘ) $\Delta V$ = ঋণাত্মক

৬। মিথানল (A) ও ইথানলের (B) স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 65°C ও 78.3°C হয়। উভয় তরলের সমমোলার মিশ্রণকে 60°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এদের মিশ্রিত বাষ্পে কোন্ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বেশি হবে?

(ক) $X_{A(V)} > X_{B(V)}$ (খ) $X_{B(V)} > X_{A(V)}$ (গ) $X_{A(V)} = X_{B(V)}$ (ঘ) যে কোন্‌টি

৭। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দুটি তরল A এর বাষ্পচাপ, $P_A^\circ = 0.8$ atm এবং B এর বাষ্পচাপ, $P_B^\circ = 0.7$ atm. উভয়ের আদর্শ দ্রবণে A এর মোল ভগ্নাংশ 0.6 এবং B এর মোল ভগ্নাংশ 0.4। রাউল্টের সূত্র মতে ঐ তরল–তরল মিশ্রণের মোট বাষ্পচাপ কত হবে?

(ক) 0.42 atm (খ) 0.76 atm (গ) 0.32 atm (ঘ) 0.70 atm

৮। সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানদ্বয়কে কীরূপে পৃথক করা যায়?

(ক) আংশিক পাতনে (খ) নিম্নচাপ পাতনে

(গ) একাধিক সমস্ফুটন মিশ্রণ তৈরি করে (ঘ) সাধারণ পাতনে

৯। রাউল্টের সূত্র মতে দ্রবণস্থ দ্রাবকের বাষ্পচাপ সম্পর্কিত সমীকরণ কোন্‌টি?

(ক) $P = P^\circ \times x_1$, (খ) $P = P^\circ \times x^2$ (গ) $P = P^\circ \times x_1 \times x_2$ (ঘ) $P = kx^2$

১০। কোন্‌টি আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের উদাহরণ?

(ক) পানি –ইথানল (খ) পানি – $CHCl_3$ (গ) পেন্টেন–হেক্সেন (ঘ) পানি – $CCl_4$

১১। নিচের কোন্‌টি সর্বনিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট সমস্ফুটন্ মিশ্রণ?

(ক) 56.1% অ্যাসিটোন + 43.9% ক্লোরোফরম (খ) 68.2% $HNO_3$ (aq)

(গ) 20.2%HCl (aq) (ঘ) 95.6% $C_2H_5OH$+ 4.4%$H_2O$

১২। পেট্রোলিয়াম তেলের আংশিক পাতনে কোন্ ধরনের অংশীকরণ কলাম ব্যবহৃত হয়?

(ক) বিড অংশ কলাম (খ) বাল্‌ব অংশ কলাম (গ) বাব্‌ল অংশ কলাম (ঘ) সাধারণ কলাম

১৩। রাউল্টের মূল সূত্রের কঠিন দ্রব্যটি কোন্ প্রকৃতির –

(ক) উদ্বায়ী (খ) অনুদ্বায়ী

(গ) তড়িৎ বিশ্লেষ্য (ঘ) অনুদ্বায়ী ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য

১৪। রেক্‌টিফাইড স্পিরিট (95.6% ইথানল +4.4% পানি) এর সাথে কী মিশিয়ে পাতন করলে বিশুদ্ধ ইথানল পাওয়া যায়?

(ক) $Ca(OH)_2$ (খ) CaO (গ) মিথানল (ঘ) $CHCl_3$

১৫। রেক্‌টিফাইড স্পিরিট (95.6% ইথানল + 4.4% পানি) এর সাথে কোন্ তরল মিশিয়ে পাতন করলে বিশুদ্ধ ইথানল পাওয়া যায়?

(ক) বেনজিন (খ) টলুইন (গ) মিথানল (ঘ) $CCl_4$

**খ – ১ MCQ এর উত্তরমালা :** ১। ক, ২। খ, ৩। খ, ৪। ক, ৫। গ, ৬। ক, ৭। খ, ৮। গ, ৯। ক, ১০। গ, ১১। ঘ, ১২। গ, ১০। ঘ, ১৪। খ, ১৫। ক।

http://pdfcorner.com

## খ–২ MCQ : বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ

১। রাউল্টের সূত্রের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য তথ্যসমূহ হল –
(i) অনুদ্বায়ী তড়িৎ অবিশ্লেষ্য দ্রব (ii) দ্রবণটি লঘু হবে (iii) তাপমাত্রার উল্লেখ নেই।
কোনটি সঠিক হবে–
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে রাউল্টের সূত্রের জন্য প্রযোজ্য তথ্যসমূহ হল –
(i) অপোলার তরলযুগল (ii) তরল মিশ্রণে $\Delta V = 0$ (iii) তরল মিশ্রণে $\Delta H > 0$
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৩। তরল–তরল দ্রবণ ও রাউল্টের সূত্রমতে বাষ্পচাপ সংযুক্তি লেখচিত্রে দেখা যায় –
(i) আদর্শ দ্রবণের বেলায় দ্রবণের লেখটি সরল রেখা হয়, (ii) ধনাত্মক বিচ্যুতির লেখটি উত্তল হয়,
(iii) ধনাত্মক বিচ্যুতির লেখটিতে সর্বনিম্ন বিন্দু M থাকে,
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৪। ইথানল (15.9%) ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (84.1%) মিশ্রণটি একটি অনাদর্শ তরল–তরল দ্রবণ; কারণ–এর বেলায় –
(i) তাপ শোষিত হয় (ii) মিশ্রণের আয়তন বাড়ে (iii) $P_A = P_A^\circ \times X_A$
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (iii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৫। তরল A ও B একটি আদর্শ তরল–তরল দ্রবণ তৈরি করে। এর বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল –
(i) $P_A = P_A^\circ X_A$ (ii) $P = (P_A + P_B)$ (iii) $V = (V_A + V_B)$
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৬। 50°C তাপমাত্রায় তরল A এর বাষ্পচাপ, 0.80 atm; 4mol A ও 1 mol B তরলের একটি আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। এ ক্ষেত্রে –
(i) $X_B = 0.2$ (ii) $P_A = 0.64$atm (iii) $X_A = (1 - 0.2)$
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) ও (ii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তর মালা ঃ** ১। (খ) (২) (ক) ৩। (ক) ৪। (গ) ৫। (খ) ৬। (ক)

http://pdfcorner.com

# ৯ রাসায়নিক সাম্যাবস্থা
# CHEMICAL EQUILIBRIUM

**বিষয়বস্তু ঃ**

- উভমুখী বিক্রিয়া, রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ও এর গতিশীলতা;
- রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্তাবলি;
- উভয়মুখী ক্রিয়ার উদাহরণ ঃ তাপের সাহায্যে $NH_4Cl$, $CuSO_4.5H_2O$ এর পরিবর্তন। তরলে কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা;
- সাম্যাবস্থার প্রকারভেদ ঃ গ্যাসীয় সাম্যাবস্থা, দ্রবণে সাম্যাবস্থা;
- সাম্যাবস্থার উপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব;
- ভরক্রিয়া সূত্র, এর গাণিতিক রূপ, $K_p$ ও $K_c$ উপপাদন;
- সহজ গ্যাসীয় বিযোজন যেমন $N_2O_4$, HI, $PCl_5$, $COCl_2$ এর বিযোজনের সাম্যাবস্থার ব্যাখ্যা;
- সাম্যাবস্থার সচলতা এবং লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি;
- শিল্পক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া এবং সালফার ট্রাইঅক্সাইড সংশ্লেষণে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ।

## ৯.১। ভূমিকা
### Introduction

রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে তাদের গতির দিক-এর ভিত্তিতে দুভাগে ভাগ করা যায় ঃ (১) একমুখী ও (২) উভমুখী বিক্রিয়া। অনেকের মতে সব রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী বিবেচিত হলেও প্রকৃতপক্ষে কিছু কিছু ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতির তুলনায় পশ্চাৎ বিক্রিয়ার গতি এত কম যে আমরা শুধু সম্মুখদিকের বিক্রিয়াটির অস্তিত্ব বুঝতে পারি। এসব বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে ধরে নেয়া হয়। যেমন $KClO_3$ কে তাপ দিলে এটি বিযোজিত হয়ে KCl ও $O_2$ উৎপন্ন করে। কার্বনের সাথে অক্সিজেনের দহনের ফলে $CO_2$ উৎপন্ন হয়। সুতরাং এসব একমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থার প্রশ্ন আসে না। অন্যদিকে উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যেমন বিক্রিয়কগুলোর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তেমনি উৎপাদগুলোর মধ্যেও বিক্রিয়ার ফলে পূর্বের বিক্রিয়কগুলো ফিরে পাওয়া যায়। সুতরাং এসব ক্ষেত্রে **কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া চলতে থাকলে কোন এক সময় দেখা যায়, যে হারে বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, ঠিক সে হারে উৎপাদগুলোর মধ্যেও বিক্রিয়ার ফলে পূর্বের বিক্রিয়কগুলো উৎপন্ন হয়ে থাকে; বিক্রিয়ার এ অবস্থাকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা বলা হয়।** এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার উভমুখিতা (reversibility) ও বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা (equilibrium) নামে দুটি অবস্থা প্রকাশ পায়।

রাসায়নিক পরিবর্তনের বেলায় যেমন উভমুখিতা তথা সাম্যাবস্থা বিরাজ করে। **অনেক ভৌত পরিবর্তনের বেলায়ও উভমুখিতা** দেখা যায়। সে সব ক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তনের মত রাসায়নিক বন্ধন ভাঙ্গান ঘটে না; বরঞ্চ সমযোজী যৌগের কেলাস গঠন ভাঙ্গাতে হয়। এরূপ উভমুখী ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ হল পানিতে চিনির সম্পৃক্ত দ্রবণ। পানিতে চিনি ধীরে ধীরে যোগ করলে চিনি পানিতে দ্রবীভূত হতে থাকে। এক সময় অধিক চিনি ঐ পানিতে দ্রবীভূত না হয়ে পাত্রের তলায় পড়ে থাকে। ভালোভাবে নাড়াচাড়া করলেও আর বেশি দ্রবীভূত হয় না। এরূপে উৎপন্ন দ্রবণকে চিনির সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে। সম্পৃক্ত দ্রবণ অবস্থায় পানিতে কঠিন চিনির দানার অণুগুলো পৃথক হয়ে দ্রবীভূত হওয়ার গতিবেগ এবং দ্রবণ থেকে চিনির অণুগুলো একত্রিত হয়ে কঠিন দানা গঠনের বা কেলাসনের গতিবেগ পরস্পর সমান হয়ে থাকে। তাই চিনির দ্রবণের সম্পৃক্ত অবস্থা হল, ভৌত পরিবর্তনের একটি সাময়াবস্থা।

$$\text{পানি} + \text{চিনির দানা} \underset{\text{কেলাসন প্রক্রিয়}}{\overset{\text{দ্রবণ প্রক্রিয়া}}{\rightleftharpoons}} \text{চিনির জলীয় সম্পৃক্ত দ্রবণ।}$$

http://pdfcorner.com

## ৯.২। একমুখী বিক্রিয়া ও উভমুখী বিক্রিয়া
### Irreversible Reaction and Reversible Reaction

**একমুখী বিক্রিয়া ঃ কোন বিক্রিয়ার সমস্ত বিক্রিয়ক পদার্থ যখন উৎপাদে পরিণত হয় অর্থাৎ বিক্রিয়াটি শুধু সম্মুখ দিকে ঘটতে থাকে, তখন ঐ বিক্রিয়াটিকে একমুখী বিক্রিয়া বলা হয়।** এ প্রকার বিক্রিয়ায় একটি সম্মুখমুখী তীর (→) ব্যবহৃত হয়। যেমন, (১) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে এটি বিযোজিত হয়ে KCl ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। বিপরীতভাবে KCl ও অক্সিজেনের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

$$2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট — পটাসিয়াম ক্লোরাইড

অনুরূপভাবে, (২) বাতাসে কার্বনের দহনের ফলে $CO_2$ উৎপন্ন হয়; এটি একটি একমুখী বিক্রিয়া।

$$C(s) + O_2(g) \xrightarrow{\text{দহন}} CO_2(g)$$

**উভমুখী বিক্রিয়া ঃ যদি কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া এক সাথে সম্মুখদিক ও পশ্চাৎদিক থেকে সংঘটিত হয়, তবে সে বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়।**

উদাহরণস্বরূপ, (১) যদি হাইড্রোজেন ও আয়োডিনকে একটি **বন্ধ পাত্রে** রেখে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে দেখা যায় যে নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার মাধ্যমে কিছু হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2(g) + I_2(g) \xrightarrow{450°C} 2HI(g)$$

অন্যদিকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে বন্ধ পাত্রে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে তা থেকে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ তখন বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে।

$$2HI(g) \xrightarrow{450°C} H_2(g) + I_2(g)$$

সুতরাং **বন্ধপাত্রে** হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া। এরূপ উভমুখী বিক্রিয়াকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে দুটি বিপরীতমুখী অর্ধ তীর দিয়ে প্রকাশ করা যায়।

$$H_2(g) + I_2(g) \underset{}{\overset{450°C}{\rightleftharpoons}} 2HI(g)$$

উভমুখী বিক্রিয়াগুলোর সম্মুখদিকে গমনের বেগকে **অগ্রবর্তী বা সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার** এবং পশ্চাৎদিকে গমনের বেগকে **পশ্চাৎবর্তী বা বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার হার** বলে।

## ৯.৩। উভমুখী বিক্রিয়ার আরো কয়েকটি উদাহরণ
### Some More Examples of Reversible Reaction

**১। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ($NH_4Cl$) এর বিযোজন ঃ** কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে বন্ধ পাত্রে রেখে তাপ দিলে তা বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ও অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। সময়ের সাথে সাথে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বাড়তে থাকলে বিপরীতমুখী বিক্রিয়া দ্বারা আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এভাবে কোন এক সময় সম্মুখমুখী ও বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার হার সমান হয়ে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়।

$$NH_4Cl(s) \underset{}{\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}} NH_3(g) + HCl(g)$$

**পরীক্ষা ঃ** একটি শক্ত টেস্টটিউবে অল্প পরিমাণ কঠিন $NH_4Cl$ নিয়ে এর মুখটি হালকা তুলা দিয়ে বন্ধ করা হল। এখন টেস্টটিউবটিকে উত্তপ্ত করলে দেখা যায় এর তলদেশে $NH_4Cl$ এর পরিমাণ কমে গেছে এবং

http://pdfcorner.com

টেস্টটিউবের মুখের দিকে সাদা কঠিন বস্তু জমা হয়েছে। এ সাদা কঠিন বস্তু হল $NH_4Cl$। এক্ষেত্রে $NH_4Cl$ তাপ বিযোজনে উৎপন্ন $NH_3$ ও HCl গ্যাস শীতল হয়ে পুনরায় $NH_4Cl$ গঠন করেছে।

$$NH_4Cl\,(s) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} NH_3\,(g) + HCl\,(g)$$

**২। আর্দ্র কপার সালফেটের পরিবর্তন ঃ** ব্লু-ভিট্রিওল বা নীল বর্ণের কেলাসাকার আর্দ্র কপার সালফেটকে প্রায় 260°C তাপমাত্রায় আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে সাদা পাউডার অনার্দ্র কপার সালফেট ও পানিবাষ্প বা স্টিম উৎপন্ন হয়। শীতল করলে সাদা অনার্দ্র কপার সালফেট পাঁচ অণু পানি নিয়ে আবার নীল আর্দ্র কপার সালফেটে পরিণত হয়। সুতরাং আবদ্ধ পাত্রে ব্লু-ভিট্রিওলকে উত্তপ্ত করলে উভমুখী বিক্রিয়া ঘটে।

$$\underset{\text{নীল বর্ণের কেলাস}}{CuSO_4.5H_2O(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} \underset{\text{সাদা পাউডার}}{CuSO_4(s)} + \underset{\text{পানি}}{5H_2O(g)}$$

## ৯.৪। উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করা

**To make Reversible Reaction Irreversible**

আমরা জানি, উভমুখী বিক্রিয়া অসম্পূর্ণ। উভমুখী বিক্রিয়াকে বিভিন্নভাবে একমুখী করা যায়। যেমন,

**কোন বিক্রিয়ার একটি উৎপাদকে যদি ক্রমাগত বিক্রিয়াস্থল থেকে সরিয়ে নেওয়া যায়, তাহলে বিপরীত বিক্রিয়াটি সংঘটিত হতে পারে** না। অর্থাৎ তখন উভমুখী সাম্যাবস্থা আর থাকে না। যেমন,

(১) বিক্রিয়কগুলো যদি কঠিন অথবা তরল হয় এবং **একটি উৎপাদ গ্যাসীয় হলে** তা সহজেই বিক্রিয়াস্থল থেকে অপসারিত হয়ে পড়ে। ফলে উভমুখী বিক্রিয়াটি একমুখী হয়। যেমন,

**বন্ধ** পাত্রে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তাপীয় বিযোজন উভমুখী; কিন্তু খোলা পাত্রে এ বিক্রিয়া চালালে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়। কারণ উৎপাদ $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন হওয়ার সাথে সাথেই বিক্রিয়াস্থল ত্যাগ করে যায়।

$$CaCO_3(s) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO(s) + CO_2(g) \quad \text{(বন্ধ পাত্রে)}$$

$$CaCO_3\,(s) \overset{\Delta}{\longrightarrow} CaO(s) + \boxed{CO_2(g)} \quad \text{(খোলা পাত্রে)}$$

(২) কোন বিক্রিয়ার দ্রবণ থেকে একটি উৎপাদ **অধঃক্ষিপ্ত হলে** বিক্রিয়াটি একমুখী হয়। যেমন,

সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করলে বেরিয়াম সালফেটের **অধঃক্ষেপ** উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়ার পরিবেশ থেকে পৃথক হয়ে পড়ে। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।

$$Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \longrightarrow \boxed{BaSO_4(s)} + 2NaCl(aq)$$

(৩) বিক্রিয়ার পরিবেশ থেকে **কোন উৎপাদকে রাসায়নিকভাবে সরিয়ে নেয়া হলে** উভমুখী বিক্রিয়া একমুখী হয়। যেমন, ইথাইল ইথানোয়েট সাথে পানির বিক্রিয়ায় ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়া একটি উভমুখী বিক্রিয়া।

$$\underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{\text{পানি}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{ইথানোয়িক এসিড}}{CH_3COOH}$$

বিক্রিয়ার মিশ্রণের মধ্যে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে, তা সাথে সাথে উৎপাদিত ইথানোয়িক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম ইথানোয়েট ও পানি উৎপন্ন করে। ফলে বিপরীত বিক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে না। তখন সম্পূর্ণ বিক্রিয়াকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$$
$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

যোগ করে,

$$\underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3COOC_2H_5} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{সোডিয়াম ইথানেট}}{CH_3COONa}$$

http://pdfcorner.com

## ৯.৫। সকল বিক্রিয়াই কী উভমুখী?

**Are all Reactions Reversible?**

তাত্ত্বিকভাবে উপযুক্ত পরিবেশে সকল বিক্রিয়াকে উভমুখী বলে গণ্য করা হয়। তবে অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পশ্চাৎবর্তী বিক্রিয়ার হার এত কম যে তা সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার তুলনায় অত্যন্ত নগণ্য। এ সব ক্ষেত্রে বাস্তবে ঐ বিক্রিয়াকে **একমুখী বিক্রিয়া** (Irreversible reaction) রূপে গণ্য করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে উত্তপ্ত করলে পানি উৎপন্ন হয়। তখন সে বিক্রিয়া অসম্পূর্ণ অবস্থায় স্থির হয় না; অক্সিজেন বা হাইড্রোজেন নিঃশেষিত হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়া চলে।

$$2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2H_2O(vap)$$

এ ছাড়া বিশুদ্ধ পানি নিয়ে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে স্টিম বা জলীয়বাষ্প সৃষ্টি হয় তাতে মুক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্ব ধরা পড়ে না। সুতরাং এ তাপমাত্রায় উপরিউক্ত বিক্রিয়াকে বাস্তবে একমুখী ধরা যায়।

## ৯.৬। রাসায়নিক সাম্যাবস্থা

**Chemical Equilibrium**

**রাসায়নিক সাম্যাবস্থার সংজ্ঞা ঃ** যে অবস্থায় কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হয়, তাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলে।

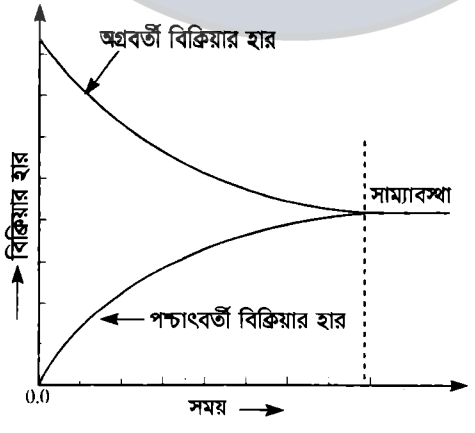
**রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় –**

বিক্রিয়া কখনও বন্ধ হয় না; সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী উভয় বিক্রিয়া সমান হারে চলতে থাকে।

**উদাহরণসহ ব্যাখ্যা ঃ** একটি আবদ্ধ পাত্রে হাইড্রোজেন ও গাঢ় বেগুনি বর্ণের আয়োডিন বাষ্প নিয়ে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেমন 450°C–এ রেখে দিলে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বিক্রিয়া করে 80% হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়ক $H_2$ ও $I_2$ এর ঘনমাত্রা হ্রাস পেয়ে 20% হয়। ফলে মিশ্রণের বর্ণ হালকা বেগুনি ধারণ করে। বাস্তবিকপক্ষে সম্মুখ বিক্রিয়া কিছুক্ষণ চলার পর থেকেই উভয় বিক্রিয়া একই সাথে চলতে থাকে। প্রথম দিকে পাত্রে $H_2$ ও $I_2$ এর ঘনমাত্রা বেশি থাকায় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার বেশি থাকে।

$$H_2(g) + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI(g)$$

আবার এই হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI)–এর পরিমাণ যতই ধীরে ধীরে বাড়ে ততই বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার ফলে অর্থাৎ HI-এর বিযোজনের মাধ্যমে $H_2$ ও $I_2$ তৈরির হারও বাড়ে। প্রথমদিকে HI-এর ঘনমাত্রা কম থাকে বিধায় পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হারও খুব কম। ধীরে ধীরে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে এবং পশ্চাৎ বিক্রিয়ার হার বাড়তে থাকে। ফলে এক সময় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হয়। বিক্রিয়ার এ অবস্থাটাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলা হয়।




চিত্র ৯.১ ঃ সাম্যাবস্থার লেখচিত্র রূপ ঃ সাম্যাবস্থায় $H_2$ ও $I_2$ থেকে HI এর সৃষ্টি এবং HI এর বিযোজন থেকে $H_2$ ও $I_2$ এর সৃষ্টি সমহারে চলে।

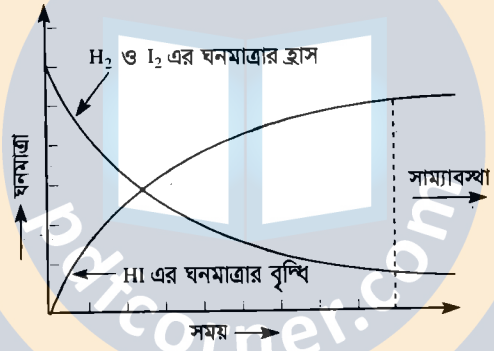
http://pdfcorner.com

আবার বর্ণহীন হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) দিয়ে পরীক্ষাটি আরম্ভ করলে তখনো একই অবস্থা হয়। অর্থাৎ HI বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন ও বেগুনি বর্ণের আয়োডিন বাষ্প উৎপন্ন করে। তখন এ বিক্রিয়াকে সম্মুখমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। তখন HI–এর পরিমাণ ক্রমশ কমতে থাকে এবং সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হারও ক্রমশ হ্রাস পায়। অপরদিকে $H_2$ ও $I_2$ সৃষ্টি হওয়া মাত্র তারা বিপরীত বিক্রিয়া বা পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়া আরম্ভ করে HI উৎপন্ন করে। তবে প্রথমদিকে $H_2$ ও $I_2$-এর পরিমাণ কম হওয়ায় এ বিক্রিয়ার গতি কম থাকে, ক্রমশ তা বাড়ে। এক সময় উভয় বিক্রিয়ার হার সমান হয়। উল্লেখ্য যে, HI অথবা $H_2$ ও $I_2$ এর মিশ্রণ যা দিয়েই বিক্রিয়া শুরু করা হোক না কেন, সাম্যাবস্থায় এসব পদার্থের অনুপাত একই থাকে (অর্থাৎ বিক্রিয়ামিশ্রণে 80% HI এবং 20% $H_2$ ও $I_2$ এর মিশ্রণ সাম্যাবস্থায় থাকে।

$$2HI\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} H_2\,(g) + I_2(g)$$

## ৯.৭। সাম্যাবস্থার গতিশীলতা বা চলমান প্রকৃতি
### Dynamic Nature of Equilibrium

সাম্যাবস্থায় কোন উভমুখী বিক্রিয়া আপাতদৃষ্টিতে বন্ধ বলে মনে হলেও প্রকৃতপক্ষে সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী উভয় বিক্রিয়া সমান গতিতে চলতে থাকে। আপাতদৃষ্টিতে সাম্যাবস্থাকে স্থিত বা স্থির বলে মনে হলেও সূক্ষ্মভাবে দেখলে তাকে গতিশীল বা চলমানই দেখা যাবে। তাই **সাম্যাবস্থা একটি গতিশীল অবস্থা, স্থিতাবস্থা নয়।** বর্তমানে বহু বিক্রিয়ায় ট্রেসার বা শনাক্তকারী হিসেবে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করে সাম্যাবস্থার চলমান প্রকৃতির প্রমাণ পাওয়া গেছে। নিম্নে এরূপ একটি পরীক্ষা দেওয়া হল।




চিত্র ৯.২ ঃ সাম্যাবস্থায় অগ্রবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী উভয় বিক্রিয়া সম হারে চলমান প্রকৃতির।

**সাম্যাবস্থার চলমান প্রকৃতির প্রমাণ ঃ** আবদ্ধপাত্রে $H_2$ ও $I_2$ এর একটি মিশ্রণ নিয়ে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ রেখে দিলে, প্রথমদিকে $H_2$ ও $I_2$ দ্রুতহারে বিক্রিয়া করে HI উৎপন্ন করে। পরে এ সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে এবং পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার অর্থাৎ HI এর বিযোজন হার বাড়তে থাকে। একসময় মনে হয় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। প্রকৃতপক্ষে তখন সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়েছে। উভয়দিকে সমান হারে উভয় বিক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে।

$$H_2(g) + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI(g)$$

সাম্যাবস্থা অর্জনের পরে ট্রেসার হিসেবে অল্প পরিমাণ তেজস্ক্রিয় আয়োডিন $^{128}_{53}I_2$ পাত্রে প্রবেশ করানো হয়, তখন সাম্যাবস্থার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $H_2$, $I_2$ ও HI এর পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু দেখা যায় যে, সাম্যাবস্থায় প্রথমদিকে সব HI-এর মধ্যে আয়োডিন পরমাণু অতেজস্ক্রিয় থাকলেও পরে কিছু HI-এর আয়োডিন তেজস্ক্রিয় হয় এবং এ ধরনের HI-এর পরিমাণ ক্রমশ বাড়তে বাড়তে একসময় একটি নির্দিষ্ট পরিমানে পৌঁছায়। এ থেকে বোঝা যায় যে, সাম্যাবস্থা অর্জনের পর তেজস্ক্রিয় আয়োডিনের প্রবেশের ফলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া চলেছে ঃ



http://pdfcorner.com

$$H_2 + I_2^* \xrightarrow{\Delta} 2HI^* \quad (I_2^* \text{ দ্বারা তেজস্ক্রিয় আয়োডিন, ট্রেসার বোঝানো হয়েছে})$$

যেহেতু HI এর সর্বমোট পরিমাণ (প্রায় 80%) অপরিবর্তিত থাকছে, সেহেতু তেজস্ক্রিয় $HI^*$ উৎপন্ন হওয়ার সময় একই সাথে কিছু অতেজস্ক্রিয় HI বিযোজিত হয়েছে। $2HI \xrightarrow{\Delta} H_2 + I_2$

অর্থাৎ এ থেকে প্রমাণিত হয় যে, **সাম্যাবস্থা অর্জনের পরেও সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী উভয় বিক্রিয়া সমান হারে চলতে থাকে, তবে দুটি বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হওয়ায় তা বোঝা যায় না।**

## ৯.৮। রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্ত বা বৈশিষ্ট্য

**Characteristics of Chemical Equilibrium**

রাসায়নিক সাম্যের বা সাম্যাবস্থার নিম্নোক্ত চারটি আবশ্যকীয় বৈশিষ্ট্য বা শর্ত আছে। যেমন,

(ক) সাম্যের স্থায়িত্ব (Stability of equilibrium)
(খ) উভয়দিক থেকে সুগম্যতা (Easy approachability from both sides) ও
(গ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা (Incompleteness of reaction)
(ঘ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা (Ineffectiveness of catalysts)

**(ক) সাম্যের স্থায়িত্ব ঃ** কোন প্রক্রিয়া একবার সাম্যে পৌঁছালে তা চিরকাল একই অবস্থায় থাকবে, যদি কোন বাহ্যিক অবস্থার (চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনমাত্রা) কোন পরিবর্তন ঘটানো না হয়। উদাহরণস্বরূপ এক মোল ইথানোয়িক এসিড ও এক মোল ইথানল নিয়ে 100°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সাম্যাবস্থায় পৌঁছার পরে উভয় বিক্রিয়কের 0.667 অংশ বিক্রিয়া করে 0.667 মোল ইথাইল ইথানোয়েট উৎপন্ন করে। অর্থাৎ 100°C তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় 0.333 মোল ইথানোয়িক এসিড, 0.333 মোল ইথানল, 0.667 মোল পানি ও 0.667 মোল ইথাইল ইথানোয়েট মিশ্রণে থাকে।

| | $CH_3COOH(l)$ + | $C_2H_5OH(l)$ ⇌ | $CH_3COOC_2H_5(l)$ + | $H_2O(l)$ |
|---|---|---|---|---|
| | ইথানোয়িক এসিড | ইথানল | ইথাইল ইথানোয়েট | |
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | 1 mol | 1 mol ⇌ | 0 mol | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | 0.333 mol | 0.333 mol | 0.667 mol | 0.667 mol |

এ সাম্যাবস্থা অর্জনের পর একই তাপমাত্রায় বহুদিন রেখে দিলেও এ পরিমাণসমূহে কোন পরিবর্তন হয় না।

**(খ) উভয়দিক থেকে সুগম্যতা ঃ** প্রকৃত সাম্যের এমন বৈশিষ্ট্য থাকে যে, বিক্রিয়ার উভয়দিক থেকে সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো সম্ভব। তবে সাম্যাবস্থা নির্ধারণকারী বাহ্যিক অবস্থাগুলো অপরিবর্তনীয় থাকা প্রয়োজন।

যেমন, $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

একই অবস্থায় এক আয়তন $N_2$ ও তিন আয়তন $H_2$ গ্যাস নিয়ে সেখানে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটালে মাত্র 7% গ্যাস মিশ্রণ অ্যামোনিয়া গ্যাসে পরিণত হয়; বাকি 93% গ্যাসই নাইট্রোজেন $N_2$ এবং $H_2$ হিসেবে থেকে যায়। অন্যদিকে $NH_3$ গ্যাসের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটালে শুধু 7% $NH_3$ গ্যাস ছাড়া বাকি 93% $NH_3$ গ্যাস বিযোজিত হয়ে $N_2$ ও $H_2$ গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং এতে প্রমাণিত হয় যে, উপরিউক্ত বিক্রিয়াটি যে কোন দিক থেকে শুরু করে একই সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো যায়।

**(গ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা ঃ** প্রকৃত সাম্যের অন্যতম বৈশিষ্ট্য হল বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ই থাকে। সাম্যাঙ্কের মান থেকেই তা উপলব্ধি করা যায়। কোন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হলে সাম্যাঙ্কের মান ($K_{eq}$) শূন্য অথবা অসীম হতো। যেহেতু সাম্যাঙ্কের মান ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বা অতি বৃহৎ হতে পারে, কিন্তু শূন্য বা অসীম হয় না; সুতরাং বলা যায়, **একটি উভমুখী বিক্রিয়া কখনও সমাপ্ত হয় না।**

$$A + B \rightleftharpoons C + D; \quad \therefore K_{eq} = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$$

**(ঘ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা ঃ** রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের কোন ভূমিকা নেই। প্রভাবক উভয় দিকের বিক্রিয়াকে সমানুপাতিকভাবে দ্রুততর করে অর্থাৎ কম সময়ে সাম্যাবস্থায় দ্রুত উপনীত হতে সহায়তা করে, এর ফলে সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়ক ও উৎপাদের কোনটিরও ঘনমাত্রার পরিবর্তন ঘটে না।

http://pdfcorner.com

## ৯.৯। সব রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান

**All Chemical Reactions Proceed to Chemical Equilibrium**

বিভিন্ন বিক্রিয়ার গতি থেকে স্পষ্ট হয় যে, **সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান, যেহেতু বিক্রিয়কসমূহ সম্পূর্ণরূপে উৎপাদে পরিণত হতে পারে না।** সব বিক্রিয়া উভমুখী বিক্রিয়ায় পরিণত হয়ে সাম্যবস্থায় পৌঁছে। এ কারণে সাম্যাঙ্কের মান কখনো শূন্য বা অসীম হয় না।

উদাহরণ–১। ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড থেকে ইথাইল ইথানোয়েট প্রস্তুতির বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যায়। যদি সমমোলার বিশুদ্ধ ইথানল এবং বিশুদ্ধ ইথানোয়িক এসিড মিশ্রিত করে 100°C তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ রাখা যায়; তখন দেখা যাবে এরা বিক্রিয়া করে ইথাইল ইথানোয়েট ও পানি উৎপাদন করছে।

$$\underset{\text{ইথানোয়িক এসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{\text{পানি}}{H_2O}$$

বিক্রিয়া মিশ্রণে ক্রমশ ইথানোয়িক এসিড ও ইথানলের পরিমাণ হ্রাস পাবে এবং ইথাইল ইথানোয়েট ও পানির পরিমাণ বাড়বে। কিন্তু 66.7% ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড বিক্রিয়া করার পরে 66.7% ইথাইল ইথানোয়েট ও 66.7% পানি উৎপন্ন হয় এবং আর কোন ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড বিক্রিয়া করবে না এবং কোন নতুন ইথাইল ইথানোয়েট ও পানি উৎপাদিত হবে না। অবশিষ্ট বিক্রিয়ক 33.3% ইথানোয়িক এসিড ও 33.3% ইথানল অবশিষ্ট থাকে। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থার দিকেই ধাবমান, সম্পূর্ণ সমাপ্তির দিকে নয়।

একইভাবে সমমোলার ইথাইল ইথানোয়েট ও পানি নিয়ে 100°C তাপমাত্রায় রেখে দিলে দেখা যাবে যে এরা বিক্রিয়া করে ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন করছে।

$$\underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{\text{পানি}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{ইথানোয়িক এসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH}$$

কিন্তু যখন ইথাইল ইথানোয়েটের পরিমাণ পূর্বের পরিমাণের 66.7% এ পৌঁছায়, তখন আর কোন ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয় না। অর্থাৎ এক্ষেত্রেও বিপরীত বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ সমাপ্তির দিকে নয়, বরঞ্চ সাম্যাবস্থার দিকে ধাবিত হয়েছে। শুধু সমমোলার নয়, বিভিন্ন অনুপাতে এ সকল বিক্রিয়া ও উৎপাদ নিয়ে পরীক্ষা করে দেখা যায় যে, সকল ক্ষেত্রেই রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান হয়।

$$\underset{33.3\%}{CH_3COOH} + \underset{33.3\%}{C_2H_5OH} \rightleftharpoons \underset{66.7\%}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{66.7\%}{H_2O}$$

## ৯.১০। ভরক্রিয়া সূত্র ও সাম্যাঙ্ক বা সাম্যধ্রুবক

**Law of Mass action and Equilibrium Constant**

রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার নিরূপণ করার উদ্দেশ্যে নরওয়ের অসলো বিশ্ববিদ্যালয়ের ফলিত গণিতের অধ্যাপক **গুল্ডবার্গ** (C.M.Guldberg) এবং রসায়নের অধ্যাপক **পি. ভাগে** (P. Waage 1867) ভরক্রিয়া সূত্র উদ্ভাবন করেন। **ভর ক্রিয়ার সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ**

**নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়, নির্দিষ্ট সময়ে যে কোন বিক্রিয়ার হার ঐ সময়ে উপস্থিত বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয় ভরের (অর্থাৎ মোলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপের) সমানুপাতিক হয়।** একাধিক বিক্রিয়কের বেলায়, বিক্রিয়ার হার প্রত্যেকটি বিক্রিয়কের সক্রিয় ভরের গুণফলের সমানুপাতিক হয়। সক্রিয় ভর বলতে সাধারণত প্রতি লিটার দ্রবণে পদার্থটির দ্রবীভূত মোল সংখ্যাকে বোঝায় এবং গ্যাসের ক্ষেত্রে আংশিক চাপ বোঝায়।

**ভর ক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ ঃ $K_c$ এর রাশিমালা প্রতিপাদন**

http://pdfcorner.com

নিম্নলিখিত সরল সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত উভমুখী বিক্রিয়াটির সাহায্যে ভরক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক রূপ প্রতিপাদন করা যায়।

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

মনে করি A, B, C ও D এর মোলার ঘনমাত্রায় সক্রিয় ভর হল যথাক্রমে [A], [B], [C] ও [D] । সুতরাং

ভরক্রিয়ার সূত্র মতে, সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার গতিবেগ, $r_f = k_1[A] \times [B]$;

একইভাবে পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার গতিবেগ, $r_b = k_2 [C] \times [D]$;

এখানে $k_1$ ও $k_2$ হল যথাক্রমে সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক।

উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়, সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার ও পাশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার সমান হয়।

অর্থাৎ, $r_f = r_b$

$\therefore k_1 \times [A] \times [B] = k_2 \times [C] \times [D]$,

$$\therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times B]}$$

অথবা; $\frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} = \frac{k_1}{k_2} = K_C$ (আরেকটি ধ্রুবক)।

$K_C$ কে এ বিক্রিয়ার **মোলার সাম্যাঙ্ক বা সাম্যধ্রুবক বলা** হয়।

**(ক) সাম্যধ্রুবক বা সাম্যাঙ্ক ঃ** স্থির তাপমাত্রায় ও স্থির চাপে একটি উভমুখী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থসমূহের সক্রিয় ভর যেমন মোলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপ–এর গুণফল এবং বিক্রিয়কসমূহের সক্রিয় ভরের গুণফলের অনুপাত একটি স্থির রাশি হয়ে থাকে। এ রাশিকে সাম্যধ্রুবক বা সাম্যাঙ্ক বলে। সাম্যাধ্রুবক দু'প্রকার; যেমন মোলার সাম্যধ্রুবক, $K_C$ ও আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক, $K_P$।

**মোলার সাম্যধ্রুবক, $K_C$ ঃ** কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সক্রিয় ভরকে মোলার ঘনমাত্রায় প্রকাশ করে প্রাপ্ত সাম্যধ্রুবককে মোলার সাম্যধ্রুবক বলা হয়। একে $K_C$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিভিন্ন মোল সংখ্যা বিশিষ্ট বিক্রিয়ক ও উৎপাদ সহকারে নিম্নলিখিত সাধারণ বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যাক।

$$aA + bB \rightleftharpoons lL + mM$$

ভরক্রিয়ার সূত্র মতে উপরোক্ত উভমুখী বিক্রিয়ার মোলার সাম্যধ্রুবক নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় ঃ

$$K_c = \frac{[L]^l \times [M]^m}{[A]^a \times [B]^b}$$

অথবা, $K_c = \frac{C_L^l \times C_M^m}{C_A^a \times C_B^b}$

এখানে C দ্বারা মোলার ঘনমাত্রা এবং মোলার সাম্য ধ্রুবককে $K_C$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে।

**আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক $K_P$ ঃ** উভমুখী বিক্রিয়ার পদার্থসমূহ গ্যাসীয় হলে তাদের প্রত্যেকের সক্রিয় ভর আংশিক চাপ P দ্বারা প্রকাশ করা যায়। ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সক্রিয় ভরের জন্য আংশিক চাপ ব্যবহার করে প্রাপ্ত সাম্যধ্রুবককে আংশিক চাপ সাম্যধ্রুবক বলে। একে $K_p$ দ্বারা নির্দেশ করা হয়। সুতরাং নিম্নলিখিত সাধারণ উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক $K_p$ কে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$$aA + bB \rightleftharpoons lL + mM$$

$$K_p = \frac{p_L^l \times p_M^m}{p_A^a \times p_B^b}$$

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক A, B এবং উৎপাদ L, M এর আংশিক চাপ হল যথাক্রমে $P_A$, $P_B$ এবং $P_L$, $P_M$। সমীকরণে তাদের মোল সংখ্যাকে আংশিক চাপে স্ব–স্ব ঘাতে প্রকাশ করা হয়েছে।

**কোন গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলতে ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলকে বোঝায়।**

http://pdfcorner.com

## ৯.১১ সাম্যধ্রুবক $K_c, K_p$ এর বৈশিষ্ট্য

**Characteristics of $K_c, K_p$**

(১) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক বা সাম্যাঙ্ক নির্দিষ্ট।

(২) একবার সাম্যাবস্থায় উপনীত হলে বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রা কোন ভাবে পরিবর্তন করলে সাম্যধ্রুবক কোন পরিবর্তন হয় না। সাম্যাবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যেন সাম্যধ্রুবক স্থির থাকে।

(৩) তাপমাত্রা বাড়ালে বা কমালে সাম্যধ্রুবক পরিবর্তিত হয়।

(৪) সাম্যধ্রুবকের মান থেকে কোন বিক্রিয়া প্রদত্ত শর্ত অবস্থায় কতটুকু সম্পন্ন হবে তা বোঝা যায়। সাম্য মিশ্রণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ–এর মোলার আনুপাতিক $K_C$ বা, $K_p$ এর মান তুলনামূলকভাবে বেশি হলে সেক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা অধিকতর ডানদিকে রয়েছে অর্থাৎ অধিকতর উৎপাদ উৎপন্ন হবে। $K_C$ বা, $K_p$ এর ক্ষুদ্রতর মান অধিক উৎপাদনের অনুকূল অবস্থা নয় বোঝায়।

(৫) কোন উভমুখী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হলে সাম্যধ্রুবক $K_C$ এর মান কখনও শূন্য অথবা অসীম হয় না। যেমন একটি সাধারণ উভয়মুখী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় নিম্নরূপে আছে ঃ

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

বিক্রিয়ক A, B এবং উৎপাদ C, D এর মোলার ঘনমাত্রা যথাক্রমে [A], [B] এবং [C], [D] হলে,

সাম্যধ্রুবক, $K_C = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$

(i) এক্ষেত্রে, $K_C = 0$ হতে হলে উপরোক্ত সমীকরণে $[C] \times [D] = 0$ হতে হবে।

অর্থাৎ $K_C = \frac{0}{[A] \times [B]} = 0$ ; কিন্তু উভমুখী বিক্রিয়ায় উৎপাদ $[C] \times [D]$ এর ঘনমাত্রা কখনও শূন্য হতে পারে না; উৎপাদ অবশ্যই থাকবে। তাই সাম্য ধ্রুবক $K_C$ এর মান কখনও শূন্য হতে পারে না।

(ii) আবার সাম্য ধ্রুবক ($K_C$) এর মান অসীম হতে হলে উপরোক্ত সমীকরণে $[A] \times [B]$ এর মান শূন্য হতে হবে। অর্থাৎ $K_C = \frac{[C] \times [D]}{0} = \alpha$: উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক থাকতে হবে; তাই $K_C$ এর মান অসীম কখনও সম্ভব নয়। কেবলমাত্র একমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তা সম্ভব। এজন্য বলা হয়, উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবকের মান শূন্য অথবা অসীম হতে পারে না।

## ৯·১২। $K_c$ ও $K_p$-এর মধ্যে সম্পর্ক

**Relation between $K_c$ and $K_p$**

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_c$ ও $K_p$ এর মধ্যে সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠার জন্য একটি সাধারণ গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়া ধরা যাক। যেমন, $aA + bB \rightleftharpoons lL + mM$

এখানে বিক্রিয়ক পদার্থ A, B এবং উৎপাদ পদার্থ L, M; এদের মোলার ঘনমাত্রা যথাক্রমে [A], [ B] এবং [L], [M] ধরা হল। তখন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোলার সাম্যধ্রুবক $K_c$ এর মান নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$K_c = \frac{[L]^l \times [M]^m}{[A]^a \times [B]^b} = \frac{C_L^l \times C_M^m}{C_A^a \times C_B^b}$$

আবার গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ পদার্থের আংশিক চাপ যথাক্রমে $P_A$, $P_B$, এবং $P_L$, $P_M$ ইত্যাদি ধরা হল। তখন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক $K_p$ এর মান নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$K_p = \frac{p_L^l \times p_M^m}{p_A^a \times p_B^b}$$

http://pdfcorner.com

আমরা জানি, একটি আদর্শ গ্যাস মিশ্রণে যে কোন একটি গ্যাসের n মোলের আংশিক চাপ P হলে এবং গ্যাসটি T তাপমাত্রায় V লিটার আয়তন দখল করলে আদর্শ গ্যাসের সূত্রানুসারে—

$$PV = nRT$$

বা, $$P = \frac{n}{V}RT = CRT \qquad (1)$$

এখানে; $C = \frac{n}{V}$ = একক লিটার আয়তনে মোল সংখ্যা বা মোলার ঘনমাত্রা।

সমীকরণ (1) এর মান নিম্নের সমীকরণে বসালে আমরা পাই,

$$K_p = \frac{p_L^{\ell} \times p_M^{m}}{p_A^{a} \times p_B^{b}}$$

$$K_p = \frac{(C_L\,RT)^{\ell} \times (C_M\,RT)^{m}}{(C_A\,RT)^{a} \times (C_B\,RT)^{b}}$$

$$= \frac{\left(C_L^{\ell} \times C_M^{m}\right) \times (RT)^{\ell + m}}{\left(C_A^{a} \times C_B^{b}\right) \times (RT)^{a + b}}$$

$$= K_c \times (RT)^{(\ell + m) - (a + b)}$$

$$\therefore K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$$ ; এখানে $\Delta n = (\ell + m) - (a + b)$

= বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের মোল সংখ্যার পরিবর্তন।
= উৎপাদসমূহের মোল সংখ্যা — বিক্রিয়কসমূহের মোল সংখ্যা

যখন বিক্রিয়ায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কসমূহের মোল সংখ্যার কোন পরিবর্তন না ঘটে; তখন $\Delta n = 0$ হয়। তখন,

$$K_p = K_c\,(RT)^{\circ}$$

$\therefore$ $K_p = K_c$ ; কারণ $(RT)^{\circ} = 1$

**উদাহরণ ১। নিম্নের তিনটি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_p$ ও $K_c$-এর সম্পর্ক স্থাপন কর।**

(i) $N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g)$

(ii) $PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$

(iii) $H_2 + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI(g)$

**সমাধান ঃ** গ্যাসীয় বিক্রিয়ার মোলার সাম্যধ্রুবক ($K_c$) আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক ($K_p$) এর সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

$$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$$

(i) নং বিক্রিয়ায় অর্থাৎ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ এর বেলায়; উৎপন্ন পদার্থ $NH_3$ এর মোল সংখ্যা হল 2 এবং বিক্রিয়ক $N_2$ ও $H_2$ এর মোল সংখ্যা হল যথাক্রমে 1 ও 3।

সুতরাং $\Delta n = 2 - (3 + 1) = -2$

$\therefore K_p = K_c(RT)^{-2}$

http://pdfcorner.com

(ii) নং বিক্রিয়ায় অর্থাৎ $PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$ এর বেলায়; উৎপন্ন পদার্থ $PCl_3$ এবং $Cl_2$ এর মোট মোল সংখ্যা হল $(1 + 1) = 2$; এবং বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা 1।

সুতরাং $\Delta n = (2 - 1) = 1$

$\therefore K_p = K_cRT$

(iii) নং বিক্রিয়ায় অর্থাৎ $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এর বেলায়; উৎপন্ন পদার্থ HI এর মোল সংখ্যা হল 2 এবং বিক্রিয়ক $H_2$ ও $I_2$ এর মোল সংখ্যা হল $(1 + 1) = 2$।

সুতরাং $\Delta n = (2 - 2) = 0$

$\therefore K_p = K_c$

**উদাহরণ ২। কোন উভমুখী বিক্রিয়ার $\Delta n$-এর মান $\frac{1}{2}$। কত কেলভিন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির $K_p$ ও $K_c$ এর মান যথাক্রমে 40.5 ও 5.5 হবে? ($R = 0.082$ L atm. $K^{-1}mol^{-1}$।)**

**সমাধান ঃ**

আমরা জানি, $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

বা, $40.5 = 5.5\ (0.082\ XT)^{\frac{1}{2}}$

বা, $T = 661.26$ K

$\therefore$ নির্ণেয় তাপমাত্রা 661.26 K.

এখানে, $K_p = 40.5$

$K_c = 5.5$

$R = 0.082$ L atm. $K^{-1}mol^{-1}$

$\Delta n = \frac{1}{2}$

## ৯.১৩। $K_c$ ও $K_p$-এর এককঃ Units of $K_c$ and $K_p$

যে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার জন্য $K_c$ এর মান সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন,

$$aA + bB \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} lL + mM$$

$$K_c = \frac{C_L^l \times C_M^m}{C_A^a \times C_B^b}$$

দেখা যাচ্ছে যে, এ সমীকরণে ডান দিকে ভাগ করা হচ্ছে এবং হর ও লবে শুধুমাত্র ঘনমাত্রা বিদ্যমান; তবে তার মাত্রা বিভিন্ন। আবার এ মাত্রাসমূহ হচ্ছে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণে সংশ্লিষ্ট বস্তুসমূহের (অর্থাৎ বিক্রিয়ক ও উৎপাদের) মোল সংখ্যা। সুতরাং বিক্রিয়ক ও উৎপাদের অণুর সংখ্যার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে $K_c$ এর একক বিভিন্ন ধরনের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন হবে।

একইভাবে বলা যায় যে, $K_p$ এর মান নিম্নের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন,

$$K_p = \frac{P_L^l \times P_M^m}{P_A^a \times P_B^b}$$

এ সমীকরণে ডান দিকে হর ও লবে চাপের উল্লেখ আছে, যাদের মাত্রা বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যার উপর নির্ভর করে। সুতরাং $K_p$ এর এককও বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যার পার্থক্যের উপর নির্ভর করবে।

নিম্নে বিভিন্ন মোল সংখ্যার পার্থক্যের ভিত্তিতে $K_c$ ও $K_p$ এর একক হিসাব করা হয়েছে। এ প্রসঙ্গে মনে রাখা প্রয়োজন ঘনমাত্রা ও চাপের বিভিন্ন একক বিদ্যমান। তবে এখানে **ঘনমাত্রার জন্য মোললিটার$^{-১}$** ($molL^{-1}$) এবং **চাপের জন্য বায়ুমণ্ডল** (atm) ব্যবহার করা হবে।

http://pdfcorner.com

**(১) যে সব বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোলসংখ্যা সমান; অর্থাৎ $\Delta n = 0$ হয় ঃ** এ ধরনের একটি বিক্রিয়া হচ্ছে হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের মধ্যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সৃষ্টি।

$$H_2(g) + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI(g)$$

এ বিক্রিয়ায় $K_c$ এর সমীকরণে হর ও লবে মোলার ঘনমাত্রার মাত্রা সমান হওয়ায় $K_c$ এর মানে কোন একক থাকে না; অর্থাৎ তা বিশুদ্ধ সংখ্যা হয়। একইভাবে $K_p$ এর সমীকরণে হর ও লবে চাপের মাত্রা সমান হওয়ায় তাও বিশুদ্ধ সংখ্যা।

$$\therefore K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(molL^{-1})^2}{(molL^{-1} \times molL^{-1})} = 1 \text{ (এককবিহীন)।}$$

$$\therefore K_p = \frac{(p_{HI})^2}{p_{H_2} \times p_{I_2}} = \frac{(atm)^2}{(atm) \times (atm)} = 1 \text{ (এককবিহীন)।}$$

**(২) যে বিক্রিয়ার মোল সংখ্যা এক এক কমে, তখন $\Delta n = -1$ হয় (অর্থাৎ যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদে মোল সংখ্যা এক কম হয়) ঃ**

এ ধরনের বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ হচ্ছে; $2NO(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$

এখানে $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \times [O_2]} = \frac{(molL^{-1})^2}{(molL^{-1})^2 \times (molL^{-1})} = mol^{-1}L$

আবার, $K_p = \frac{(p_{NO_2})^2}{(p_{NO})^2 \times (p_{O_2})} = \frac{(atm)^2}{(atm)^2 \times (atm)} = atm^{-1}$ বা, $kPa^{-1}$

**(৩) যে বিক্রিয়ায় মোল সংখ্যা এক এক বাড়ে তখন $\Delta n = 1$ হয় (অর্থাৎ যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদে মোলের সংখ্যা এক বেশি হয় ) ঃ**

এ ধরনের একটি বিক্রিয়া হচ্ছে; $PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$

এক্ষেত্রে $K_c = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{(molL^{-1}) \times (molL^{-1})}{(molL^{-1})} = molL^{-1}$

এবং $K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{Cl_5}} = \frac{(atm) \times (atm)}{(atm)} = atm$ বা, $kPa$

**(৪) যে বিক্রিয়ায় মোলের সংখ্যা দুই একক হ্রাস পায়, তখন $\Delta n = -2$ (অর্থাৎ যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদে মোলের সংখ্যা দুই কম হয় ) ঃ**

এ ধরনের একটি বিক্রিয়া হচ্ছে; $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

$$\therefore K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{(molL^{-1})^2}{(molL^{-1}) \times (molL^{-1})^3} = mol^{-2}L^2$$

এবং $K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}) \times (P_{H_2})^3} = \frac{(atm)^2}{(atm) \times (atm)^3} = (atm)^{-2}$ বা, $(kPa)^{-2}$

**(৫) যে বিক্রিয়ায় মোলের সংখ্যা দুই একক বৃদ্ধি পায়, তখন $\Delta n = 2$ (অর্থাৎ যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদে মোল সংখ্যা দুই বেশি হয়) ঃ**

এ ধরনের একটি বিক্রিয়া হচ্ছে অ্যামোনিয়ার বিযোজন; $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$

সুতরাং, $K_c = \frac{[N_2] \times [H_2]^3}{[NH_3]^2} = \frac{(molL^{-1}) \times (molL^{-1})^3}{(molL^{-1})^2} = mol^2L^{-2}$

এবং $K_p = \frac{(P_{N_2}) \times (P_{H_2})^3}{(P_{NH_3})^2} = \frac{(atm) \times (atm)^3}{(atm)^2} = (atm)^2$ বা, $[kPa)^2$

http://pdfcorner.com

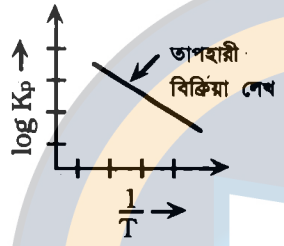
## ৯.১৪। সাম্যধ্রুবকের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব

**Influence of Temperature & Pressure on Equilibrium Constant**

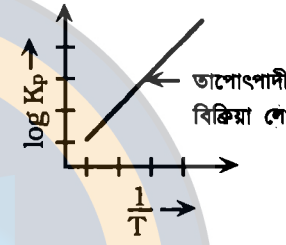
**(১) তাপমাত্রার প্রভাব ঃ** উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় বাস্তবে সাধারণত দেখা যায় যে, স্থির তাপমাত্রায় কোন গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান স্থির থাকে। কিন্তু তাপমাত্রা পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার সাম্যের অবস্থানের যেমন পরিবর্তন ঘটে; তেমনি সাম্যধ্রুবকের মানেরও পরিবর্তন ঘটে। তাপমাত্রার উপর সাম্য ধ্রুবকের নির্ভরশীলতা বিজ্ঞানী ভ্যান হফ্ নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা ব্যাখ্যা করেন।

$$\log K_p = \frac{-\Delta H}{2.303\,R} \times \frac{1}{T} + \text{ধ্রুবক} \quad [\text{এখানে প্রতীকসমূহ সাধারণ অর্থজ্ঞাপক}]$$

এ ভ্যান হফ্ সমীকরণটি সরলরেখার সাধারণ সমীকরণ $y = mx + c$ এর অনুরূপ। তাই $\log K_p$ বনাম $\frac{1}{T}$ দ্বারা অঙ্কিত লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা হবে। তাপহারী বিক্রিয়া ও তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে লেখচিত্র ৯.৩ (ক) ও ৯.৩ (খ) ভিন্ন ধরনের দুটি লেখ পাওয়া যায়।




চিত্র ৯.৩ (ক) তাপহারী বিক্রিয়ার $\log K_p$ বনাম $\frac{1}{T}$ লেখ




চিত্র ৯.৩ (খ) তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার $\log K_p$ বনাম $\frac{1}{T}$ লেখ

(i) তাপহারী বিক্রিয়ার লেখ ৯.৩ (ক) থেকে বুঝা যায় যে, গ্যাসের তাপমাত্রা T বৃদ্ধি করলে তখন $\frac{1}{T}$ হ্রাস পায় (X অক্ষ বরাবর) এবং $\log K_p$ এর মানও সে অনুসারে বৃদ্ধি পায় (Y অক্ষ বরাবরে)। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তাপহারী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_p$ এর মান বৃদ্ধি পায়।

তাপহারী বিক্রিয়ার এরূপ একটি উদাহরণ হল $N_2O_4$ এর তাপীয় বিযোজন। যেমন,

$$N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g) \text{ — তাপ}$$

এ বিযোজন বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাম্য মিশ্রণে $NO_2$ গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ফলে সাম্য ধ্রুবক $K_p$ এর মানও বৃদ্ধি পায়। $K_p = \frac{P_{NO_2}}{P_{N_2O_4}}$

(ii) তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার লেখ ৯.৩ (খ) থেকে বুঝা যায় যে, গ্যাসের তাপমাত্রা T বৃদ্ধি করলে তখন $\frac{1}{T}$ এর মান হ্রাস পায় (X অক্ষ বরাবর); এবং $\log K_p$ এর মানও হ্রাস পায় (Y অক্ষ বরাবর)। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় সাম্য ধ্রুবকের মান হ্রাস পায়।

তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ হল $N_2$ ও $H_2$ থেকে $NH_3$ উৎপাদন ঃ

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + \text{তাপ}$$

এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে উৎপন্ন $NH_3$ বিযোজিত হয়ে $NH_3$ উৎপাদন হ্রাস পায়। ফলে সাম্য ধ্রুবকের মানও হ্রাস পায়। $K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{P_{N_2} \times (P_{H_2})^3}$



http://pdfcorner.com

**(২) চাপের প্রভাব ঃ** স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক $K_p$ এর মান স্থির থাকে। ভ্যান হফ্ সমীকরণ মতে $K_p$ এর সাথে কেলভিন তাপমাত্রা (T) এর সম্পর্ক আছে; কিন্তু চাপের (P এর) কোন সম্পর্ক নেই। যেমন, $K_p = \frac{-\Delta H}{2.303\,R} \times \frac{1}{T}$ + ধ্রুবক

তাই ভ্যান হফের সমীকরণ থেকে বোঝা যায়, সাম্যধ্রুবকের মানের উপর চাপের কোন সম্পর্ক বা প্রভাব নেই।

## ৯.১৫। রাসায়নিক সাম্যাবস্থার প্রকারভেদ

**Types of Chemical Equilibrium**

রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থার ভিত্তিতে সাম্যাবস্থা দু প্রকার। যেমন,

(১) **সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা** ও (২) **অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা**।

**(ক) সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা ঃ** যে উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ একই ভৌত অবস্থায় যেমন গ্যাস অথবা তরল বা দ্রবণে থাকে, তাকে সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা বলা হয়। যেমন,

(১) আবদ্ধ পাত্রে 450°C তাপমাত্রায় $H_2$ গ্যাস ও আয়োডিনের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থায় থাকে। এটি একটি গ্যাসীয় সাম্যাবস্থা।

$$H_2(g) + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI\,(g)$$

(২) ইথানোয়িক এসিড ও ইথানলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইল ইথানোয়েট ও পানি সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থায় থাকে। এটি একটি তরল সাম্যাবস্থা।

$$CH_3CO_2H\,(l) + C_2H_5OH\,(l) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CH_3CO_2C_2H_5\,(l) + H_2O\,(l)$$

ইথানোয়িক এসিড ইথানল ইথাইল ইথানোয়েট

**(খ) অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা ঃ** যে উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ ভিন্ন ভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকে, তাকে অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা বলা হয়। যেমন,

(১) আবদ্ধ পাত্রে প্রায় 550°C তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করলে তা বিযোজিত হয়ে CaO ও $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কঠিন CaO, $CO_2$ গ্যাস এবং কঠিন $CaCO_3$ সাম্যাবস্থায় থাকে।

$$CaCO_3\,(s) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO\,(s) + CO_2\,(g)$$

(২) আবদ্ধ পাত্রে 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত আয়রন গুঁড়া ও স্টিমের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়রন (II) আয়রন (III) অক্সাইড ($Fe_3O_4$) ও $H_2$ গ্যাস অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থায় থাকে।

$$3Fe\,(s) + 4\,H_2O\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} Fe_3O_4\,(s) + 4H_2\,(g)$$

## ৯.১৬। সমসত্ত্ব সাম্যের ক্ষেত্রে ভর-ক্রিয়া সূত্রের ব্যবহার

**Application of the Law of Mass action to Homogeneous Equilibrium**

**যে সকল উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ একই ফেজ (phase) বা দশায় বা ভৌত অবস্থায় থাকে সে সব সাম্যাবস্থাকে সমসত্ত্ব সাম্য বলে।**

যেমন $N_2$ ও $H_2$ থেকে $NH_3$ উৎপাদন একটি সমসত্ত্ব সাম্যের উদাহরণ। $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

কোন বিক্রিয়া থেকে কোন বিশেষ উৎপাদ কী পরিমাণ পাওয়া যেতে পারে, তা জানবার জন্য ভর-ক্রিয়া সূত্রের প্রয়োগ করা হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় $K_p$ ও $K_C$ গণনা করা হয়। নিম্নে কয়েকটি সমসত্ত্ব সাম্যের $K_C$ , $K_p$ গণনার উদাহরণ দেয়া হল।

**(ক) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা যখন সমান হয়, তখন $K_p = K_c$ হয়**

**(১) হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতকরণ ঃ**

হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) প্রস্তুতকরণ $H_2$ ও $I_2$ থেকে নিম্ন সমীকরণ মতে করা হয়।

| | $H_2(g)$ | + | $I_2(g)$ | $\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$ | $2HI(g)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায়; | a mol | | b mol | | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায়; | (a – α) mol | | (b – α) mol | | 2α mol |

http://pdfcorner.com

**$K_c$ এর গণনা ঃ** মনে করি, a মোল হাইড্রোজেন ও b মোল আয়োডিন V লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি পাত্রে রেখে তাপ প্রদানের ফলে সাম্যাবস্থায় $2\alpha$ মোল HI তৈরি হল। সুতরাং সাম্যাবস্থায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের পরিমাণ হবে যথাক্রমে $(a - \alpha)$ মোল এবং $(b - \alpha)$ মোল।

$\therefore$ $H_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{(a-\alpha)}{V}$ $(molL^{-1})$

$I_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{(b-\alpha)}{V}$ $(molL^{-1})$

HI এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{2\alpha}{V}$ $(molL^{-1})$

$$\therefore \quad \text{সাম্যাঙ্ক, } K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left(\frac{a-\alpha}{V}\right)\left(\frac{b-\alpha}{V}\right)} = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$

**$K_c$ ও $K_p$-এর তাৎপর্য ঃ** (১) যেহেতু $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ এবং এখানে $\Delta n = (2 - 2) = 0$;

$\therefore$ এক্ষেত্রে $K_p = K_c$ (২) যেহেতু উভয় ধ্রুবক আয়তন (V) ও চাপ (P) এর সাথে সম্পর্কিত নয়, তাই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে V ও P পরিবর্তন করলেও সাম্যধ্রুবক অপরিবর্তিত থাকবে।

**(২) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের বিযোজন ঃ** হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে তাপ দিলে এটি বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উৎপন্ন করে। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$2HI(g) \underset{}{\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}} H_2(g) + I_2(g)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থা; | 2a mol | 0 mol | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায়; | $(2a - 2\alpha)$ mol | $\alpha$ mol | $\alpha$ mol |

**$K_c$ এর গণনা ঃ** মনে করি, 2a মোল হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে V লিটার পাত্রে তাপ দেওয়ায় সাম্যাবস্থায় $2\alpha$ মোল হাইড্রোজেন আয়োডাইড বিযোজিত হয়ে $\alpha$ মোল হাইড্রোজেন ও $\alpha$ মোল আয়োডিন উৎপন্ন হল।

**সুতরাং সাম্যাবস্থায় ঃ**

HI এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{(2a-2\alpha)}{V}$ $(molL^{-1})$

$H_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{\alpha}{V}$ $(molL^{-1})$

$I_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{\alpha}{V}$ $(molL^{-1})$

$$\therefore \quad \text{সাম্যাঙ্ক, } K_c = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} = \frac{\left(\frac{\alpha}{V}\right)\left(\frac{\alpha}{V}\right)}{\left(\frac{2a-2\alpha}{V}\right)^2} = \frac{\alpha^2}{4(a-\alpha)^2}$$

**$K_p$ এর গণনা (মোল ভগ্নাংশ ও মোট চাপের মাধ্যমে ) ঃ** মনে করি, HI বিযোজনে সাম্যমিশ্রণে HI, $H_2$ ও $I_2$ এর মোল সংখ্যা হল যথাক্রমে $(2a - 2\alpha)$, $\alpha$ ও $\alpha$। সুতরাং মোট মোল সংখ্যা হবে $(2a - 2\alpha + \alpha + \alpha) = 2a$. এখন গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ যদি P হয় তবে সাম্যাবস্থায়,

HI এর আংশিক চাপ $p_{HI} = \frac{(2a-2\alpha)}{2a} \cdot P$

$H_2$ এর আংশিক চাপ $p_{H_2} = \frac{\alpha}{2a} \cdot P$

http://pdfcorner.com

$I_2$ এর আংশিক চাপ $p_{I_2} = \frac{\alpha}{2a} \cdot P$

$\therefore$ সাম্যাঙ্ক, $K_p = \frac{p_{H_2} \times p_{I_2}}{(p_{HI})^2} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2a}P\right)\left(\frac{\alpha}{2a} \cdot P\right)}{\left(\frac{2a-2\alpha}{2a} \cdot P\right)^2} = \frac{\alpha^2}{4(a-\alpha)^2}$

**$K_c$ ও $K_p$ এর তাৎপর্য ঃ** (১) সুতরাং দেখা যায়, এক্ষেত্রে সাম্যাঙ্ক বা সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$ এর কোন একক থাকবে না।

(২) $\therefore$ এক্ষেত্রে $K_p = K_c$

**উদাহরণ ৩। 4.05 mol হাইড্রোজেন এবং 4.65 mol আয়োডিন 444°C তাপমাত্রায় 1L ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.75 mol HI উৎপন্ন হল। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$ নির্ণয় কর।**

[ ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০২; ব. বো. ২০১১ ]

**সমাধান ঃ**

| | $H_2(g)$ | + | $I_2(g)$ | $\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$ | $2HI(g)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | a mol | | b mol | | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | $(a-\alpha)$ mol | | $(b-\alpha)$ mol | | $2\alpha$ mol |

এখানে, $a = 4.05$ mol

$b = 4.65$ mol

$\alpha = \frac{6.75}{2} = 3.375$ mol

$V = 1L$

$\therefore$ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়;

$[H_2] = (a-\alpha) = (4.05 - 3.375) = 0.675\ molL^{-1}$

$[I_2] = (b-\alpha) = (4.65 - 3.375) = 1.275\ molL^{-1}$

$[HI] = 2\alpha = 2 \times 3.375 = 6.75\ molL^{-1}$

$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \frac{(6.75)^2}{(1.275)(0.675)} = \frac{45.5625}{0.860625} = 52.94$

আবার, যেহেতু এ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের অণুর সংখ্যা সমান, সেহেতু $K_p = K_c = 52.94$

**উদাহরণ ৪। 2 L আয়তনের একটি পাত্রে 40 g HI রেখে 327°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল। তখন ঐ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় $H_2$, $I_2$ এবং HI-এর ঘনমাত্রা ও আংশিক চাপ নির্ণয় কর। 327°C তাপমাত্রায় $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ বিক্রিয়াটির মোলার সাম্যধ্রুবক 0.0559 এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ 1.5 (atm)।**

**সমাধান ঃ**

| | $2HI(g)$ | $\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$ | $H_2(g)$ | + | $I_2(g)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | 2a mol | | 0 mol | | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | $(2a-2\alpha)$ mol | | $\alpha$ mol | | $\alpha$ mol |

$40g\ HI = \frac{40}{128}$ mol বা, 0.312 mol ; $\therefore 2a = 0.312$, ( $\because$ HI এর আণবিক ভর = 128 )

এখানে $a = \frac{0.312}{2} = 0.156$ mol; $\alpha = ?$

http://pdfcorner.com

যেহেতু পাত্রের আয়তন 2 L, সেহেতু HI, $I_2$ ও $H_2$ এর মোল সংখ্যাসমূহকে 2 দ্বারা ভাগ করলে তাদের ঘনমাত্রা ($molL^{-1}$ এককে) পাওয়া যাবে।

এখন সাম্যাঙ্ক, $K_c = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{(\alpha/2)(\alpha/2)}{\left(\frac{2a-2\alpha}{2}\right)^2} = \frac{\alpha^2}{(2a-2\alpha)^2} = \frac{\alpha^2}{(0.312-2\alpha)^2}$

বা, $0.0559 = \frac{\alpha^2}{(0.312-2\alpha)^2}$

যেহেতু $\alpha$ এর মান অত্যন্ত ক্ষুদ্র, তাই $(0.312 - 2\alpha)$ কে 0.312 লেখা যায়।

$\therefore \quad 0.0559 = \frac{\alpha^2}{(0.312)^2}$

বা, $\alpha^2 = 0.0559 \times (0.312)^2 = 0.0559 \times 0.097344 = 0.0054415$

$\therefore \quad \alpha = 0.0738$

HI এর মোলার ঘনমাত্রা, $[HI] = \left(\frac{2a-2\alpha}{2}\right)$

$= \frac{0.312 - (2 \times 0.0738)}{2}$

$= \frac{0.312 - 0.1476}{2}$

$= 0.0822\ molL^{-1}$

$I_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা $[I_2] = [H_2] = \frac{\alpha}{2} = \frac{0.0738}{2} = 0.0369\ molL^{-1}$

আবার, সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা = $[2a - 2\alpha + \alpha + \alpha] = 2a = 0.312$

HI এর মোল ভগ্নাংশ $= \frac{\text{HI এর মোলসংখ্যা}}{\text{মোট মোলসংখ্যা}}$

$= \frac{2a-2\alpha}{2a}$

$= \frac{0.312 - 2 \times 0.0738}{0.312}$

$= 0.526923$

আবার, HI এর আংশিক চাপ, $P_{HI}$ = HI এর মোল ভগ্নাংশ x মোট চাপ।

$= 0.526923 \times 1.5 = 0.79$ atm

অনুরূপভাবে, $I_2$ এর আংশিক চাপ, $P_{I_2}$ = $I_2$ এর মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ।

$= \frac{\alpha}{2a}$ x মোট চাপ

$= \frac{0.0738}{0.312}$ x 1.5 atm = 0.355 atm

অনুরূপভাবে, $H_2$ এর আংশিক চাপ, $P_{H_2} = \frac{\alpha}{2a}$ x মোট চাপ = 0.355 atm

http://pdfcorner.com

**(খ) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোলসংখ্যা যখন পরিবর্তিত হয়, তখন $K_p \neq K_c$**

**(৩) ডাইনাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের বিযোজন ঃ** ডাইনাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড ($N_2O_4$) কে বন্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে তা আংশিকভাবে বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ($NO_2$) উৎপন্ন করে। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$$

প্রাথমিক অবস্থায় ঃ a mol 0 mol

সাম্যাবস্থায় ঃ $(a - \alpha)$ mol $2\alpha$ mol

$\therefore$ বিক্রিয়াটির $K_p = \frac{P_{NO_2}{}^2}{P_{N_2O_4}}$; এবং $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

**$K_p$-এর গণনা ঃ** মনে কর, $N_2O_4$-এর প্রাথমিক মোলসংখ্যা, a এবং সাম্যাবস্থায় বিযোজন পরিমাণ, $\alpha$ মোল। ঐ অবস্থায় $N_2O_4$ এর মোলসংখ্যা ও $NO_2$ এর মোলসংখ্যা হবে যথাক্রমে $(a - \alpha)$ ও $2\alpha$। সুতরাং মোট মোলসংখ্যা হবে $(a - \alpha + 2\alpha)$ বা, $(a + \alpha)$ এর আনুপাতিক। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ যদি P হয়, তবে

$N_2O_4$ এর আংশিক চাপ, $P_{N_2O_4} = \frac{a - \alpha}{a + \alpha} P$ ; এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ, $P_{NO_2} = \frac{2\alpha}{a + \alpha} P$

$$\therefore K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{a + \alpha}\right)^2 P^2}{\left(\frac{a - \alpha}{a + \alpha}\right) P} = \frac{4\alpha^2}{(a + \alpha)^2} \times \frac{(a + \alpha)}{(a - \alpha)} P = \frac{4\alpha^2 P}{a^2 - \alpha^2}$$

**$K_p$-এর তাৎপর্য ঃ** উপরিউক্ত সমীকরণ থেকে জানা যায়,

(১) $\alpha$, a ও P জানা থাকলে সহজেই $K_p$ নির্ণয় করা যায়।

(২) এ ক্ষেত্রে চাপ P বাড়ালে $K_p$ এর মান ধ্রুব রাখার জন্য বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$ হ্রাস পাবে।

(৩) আবার বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$ অত্যন্ত ক্ষুদ্র হলে উপরিউক্ত সমীকরণে $a^2$ এর তুলনায় $\alpha^2$ এত বেশি ক্ষুদ্র হয় যে, $\alpha^2$ কে উপেক্ষা করে অর্থাৎ শূন্য ধরে সমীকরণটি নিম্নভাবে লেখা যায়।

$$\text{অর্থাৎ } K_p = \frac{4\alpha^2}{a^2} P \; ; \quad \therefore \alpha = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{K_p}{P}}$$

উপরিউক্ত সমীকরণে দেখা যায়, বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$ মোট চাপের উপর নির্ভরশীল। $K_p$ ও P জানা থাকলে বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$ সহজেই নির্ণয় করা যায়।

**বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ** বিযোজনের পরিমাণ ও বিযোজন মাত্রা এ দুটো পদ নিয়ে অনেকের মধ্যে বিভ্রান্তির সৃষ্টি হচ্ছে।

যদি a মোল পদার্থের $\alpha$ mol বিযোজিত হয়, তবে বিযোজনের পরিমাণ হচ্ছে $\alpha$ mol। অপরদিকে 'বিযোজন মাত্রা' (degree of dissociation) বলতে বোঝায় সে পদার্থের কত ভগ্নাংশ বিযোজিত হয়েছে সে সংখ্যা, অর্থাৎ বিযোজন মাত্রা $\beta$ হলে, $\beta = \frac{\alpha}{a}$। এ ভগ্নাংশকে অনেকক্ষেত্রে 100 দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়। যেমন 5 mol $N_2O_4$ নিয়ে উত্তপ্ত করার পর 2 mol বিযোজিত হলে 'বিযোজনের পরিমাণ' বলতে 2 mol বোঝাবে। অপরদিকে বিযোজন মাত্রা হচ্ছে, $\frac{2}{5}$ = 0.4 বা, 0.4 × 100 = 40%।

**$K_c$-এর গণনা ঃ** মনে কর, বিক্রিয়াটি V লিটার আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে সম্পন্ন করা হয়েছে।

সুতরাং সাম্যাবস্থায়; $N_2O_4$ (g) এর ঘনমাত্রা, $[N_2O_4] = \frac{(a - \alpha)}{V}$ $molL^{-1}$

$NO_2$ (g) এর ঘনমাত্রা, $[NO_2] = \frac{2\alpha}{V}$ $molL^{-1}$।

http://pdfcorner.com

∴ ভর ক্রিয়ার সূত্র অনুসারে, $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left(\frac{a-\alpha}{V}\right)} = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)V}$

**$K_p$ ও $K_c$-এর তাৎপর্য ঃ**

(১) এক্ষেত্রে দেখা যায় সাম্যধ্রুবক $K_p$ এর একক atm এবং $K_c$ এর একক $molL^{-1}$ হবে।

(২) যেহেতু $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ এবং $\Delta n = 1$; ∴ এক্ষেত্রে $K_p = K_cRT$

**উদাহরণ ৫। 318 K বা 45° C তাপমাত্রায় $N_2O_4$ এর বিযোজনের সাম্যধ্রুবক $K_p = 0.668$। যদি মোট চাপ P 15 atm ও বিযোজন পরিমাণ 0.1238 হয়; তবে $N_2O_4$ ও $NO_2$ এর আংশিক চাপ কত হবে?**

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হল, $N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$

সাম্যাবস্থায় $a-\alpha$ $2\alpha$

এখানে, $\alpha = 0.1238$ ; $N_2O_4$ এর প্রাথমিক মোলসংখ্যা $a = ?$

সূত্রানুসারে, $\alpha = \frac{a}{2} \times \sqrt{\frac{K_p}{P}}$ ;

অর্থাৎ, $0.1238 = \frac{a}{2} \times \sqrt{\left(\frac{0.668}{15}\right)} = \frac{a}{2}\sqrt{(0.0443)}$

বা, $a \times \sqrt{.0443} = (2 \times 0.1238) = 0.2476$;

অর্থাৎ $a = \frac{0.2476}{\sqrt{0.0443}} = \frac{0.2476}{0.21} = 1.18$ mol

∴ $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ, $P_{N_2O_4} = \frac{(a-\alpha)}{(a+\alpha)} \times P = \frac{(1.18-0.1238)}{(1.18+0.1238)} \times 15$

$= \frac{1.0562}{1.3038} \times 15 = 0.81 \times 15 = 12.15$ atm (প্রায়)

∴ $P_{N_2O_4} = 12.15$ atm (প্রায়)।

এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ, $P_{NO_2} = \frac{2\alpha}{(a+\alpha)} \times P = \frac{2 \times 0.1238}{(1.18+0.1238)} \times 15$

$= \frac{0.2476}{1.3038} \times 15 = 0.19 \times 15 = 2.85$

∴ $P_{NO_2} = 2.85$ atm (প্রায়)।

অতএব $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ 12.15 atm (প্রায়) এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ 2.85 atm (প্রায়)।

**উদাহরণ ৬। 25°C বা 298 K তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় $N_2O_4$ এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ যথাক্রমে 0.75 atm ও 0.25 atm। $N_2O_4$ এর বিযোজনের $K_p$ এবং $K_c$ নির্ণয় কর।**

**সমাধান ঃ** সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটির সমীকরণ হল, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(0.25)^2}{0.75} = 0.0833 = 8.33 \times 10^{-2}$

এখন, $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

বা, $0.0833 = K_c (0.082 \times 298)^1 = 24.436\ K_c$

বা, $K_c = \frac{0.0833}{24.436} = 3.40 \times 10^{-3}$

অতএব, নির্ণেয় $K_p = 8.33 \times 10^{-2}$ atm

$K_c = 3.40 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$

$R = 0.082\ L\ atm\ K^{-1}mol^{-1}$

$T = 25°C = 298\ K$

$\Delta n = (2-1) = 1$

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৭। 298 K তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় $N_2O_4$ এর বিযোজন মিশ্রণে $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ 0.8 atm এবং বিক্রিয়াটির $K_p$ = 0.008 atm। বিক্রিয়াটির $K_c$ ও $NO_2$ এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর।** [ রা. বো. ২০০৮, ২০০৯; কু. বো. ২০০৭ ]

**সমাধান ঃ** সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটির সমীকরণ হল ঃ $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

এক্ষেত্রে $K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}}$ ; বা, $(P_{NO_2})^2 = K_p \times P_{N_2O_4}$ [ বজ্রগুণন করে ]

বা, $(P_{NO_2})^2 = 0.008 \text{ atm} \times 0.8 \text{ atm} = 0.0064 \text{ atm}^2$

$\therefore P_{NO_2} = \sqrt{0.0064 \text{ atm}^2} = 0.08 \text{ atm}$ ( **উত্তর** )

আবার, $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$\therefore K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$

$= \frac{0.008 \text{ atm}}{(0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K})^1}$

$= \frac{0.008 \text{ atm}}{24.436 \text{ L atm mol}^{-1}} = 3.274 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}$ ( **উত্তর** )

এক্ষেত্রে, $K_p = 0.008$ atm
$K_c = ?$
$R = 0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$
$T = 298$ K
$\Delta n = (2 - 1) = 1$

**উদাহরণ ৮। 298 K বা 25°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে ডাইনাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড ($N_2O_4$) এর 18.5% নাইট্রোজেন ডাই–অক্সাইডে বিযোজিত হয়। উক্ত বিযোজনের জন্য $K_p$ নির্ণয় কর। ঐ তাপমাত্রায় এবং 0.5 atm চাপে $N_2O_4$ এর বিযোজন মাত্রা কত হবে?** [ চ. বো. ২০০১; য. বো. ২০০৭ ]

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হল, $N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$

সাম্যাবস্থায় ঃ $(a - \alpha)$ $2\alpha$

মনে করি, 1 mol $N_2O_4$ নেওয়া হয়েছে অর্থাৎ $a = 1$ mol

প্রশ্নমতে, 298 K তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে $\alpha = 0.185$ mol, $a = 1$ mol আমরা জানি, $\alpha = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{K_p}{P}}$

এখানে $\alpha = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{K_p}{P}}$ ; অর্থাৎ $0.185 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{K_p}{1 \text{ atm}}}$ বা, $K_p = (0.185 \times 2)^2 = 0.1369$ atm **(উত্তর)**

এখন, $P = 0.5$ বসালে বিযোজন এর পরিমাণ, $\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{K_p}{0.5 \text{ atm}}}$ ; বা, $\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{0.1369 \text{ atm}}{0.5 \text{ atm}}}$

$\alpha = \frac{1}{2} \times 0.524 = 0.262$

আবার বিযোজন মাত্রা, $\beta = \frac{\alpha}{a} = \frac{0.262}{1}$ ; বা, $\beta = 0.262 = 26.2\%$

অতএব, 298 K তাপমাত্রায় ও 0.5 atm চাপে বিযোজন মাত্রা, $\beta = 26.2\%$ **(উত্তর)**

**(৪) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিযোজন ঃ**

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ($PCl_5$) নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুসারে তাপ বিযোজিত হয়ে সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়।

$$PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | 1 mol | 0 mol | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | $(1 - \alpha)$ mol | $\alpha$ mol | $\alpha$ mol |

**$K_c$ এর গণনা ঃ** ধরা যাক, 1 mol $PCl_5$ কে তাপ দেওয়ার ফলে সাম্যাবস্থায় $\alpha$ অংশ বিযোজিত হয়ে $\alpha$ mol $PCl_3$ ও $\alpha$ mol $Cl_2$ উৎপন্ন হয়েছে। সুতরাং $PCl_5$ এর অবিযোজিত মোলসংখ্যা = $(1 - \alpha)$। বিক্রিয়াটি V লিটার পাত্রে নিষ্পন্ন করা হলে,

$PCl_5$ এর মোলার ঘনমাত্রা, $[PCl_5] = \frac{(1 - \alpha)}{V} \text{ molL}^{-1}$

$PCl_3$ এর মোলার ঘনমাত্রা, $[PCl_3] = \frac{\alpha}{V} \text{ molL}^{-1}$

http://pdfcorner.com

$Cl_2$ এর মোলার ঘনমাত্রা, $[Cl_2] = \frac{\alpha}{V}\ molL^{-1}$

সুতরাং $K_c = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\frac{(1-\alpha)}{V}} = \frac{\frac{\alpha^2}{V^2}}{\frac{(1-\alpha)}{V}} = \frac{\alpha^2}{V^2} \times \frac{V}{(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)\,V}$

**$K_p$ এর গণনা ঃ** উপরিউক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা = $(1 - \alpha + \alpha + \alpha) = (1 + \alpha)$। মোট চাপ P হলে, $PCl_5$ এর আংশিক চাপ, $P_{PCl_5}$ = $PCl_5$ এর মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ, $= \frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)} \times P$

অনুরূপভাবে, $P_{PCl_3} = \frac{\alpha}{(1+\alpha)} \times P$; এবং $P_{Cl_2} = \frac{\alpha}{(1+\alpha)} \times P$;

$$\therefore K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\frac{\alpha}{(1+\alpha)}P \times \frac{\alpha}{(1+\alpha)}P}{\frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)}P} = \frac{\frac{\alpha^2}{(1+\alpha)^2}P^2}{\frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)}P} = \frac{\alpha^2 \times p^2}{(1+\alpha)^2} \times \frac{(1+\alpha)}{(1-\alpha) \times p} = \frac{\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$$

**$K_p$ এর তাৎপর্য ঃ** উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যায়, (১) $PCl_5$ এর বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$, প্রাথমিক মোলার ঘনমাত্রা এবং মোট চাপ P জানা থাকলে $K_p$ এর মান নির্ণয় করা যায়। এছাড়া (২) যদি P হ্রাস পায়, তবে $K_p$-এর মান ধ্রুবক রাখার জন্য $\alpha$ এর মান অর্থাৎ $P_{Cl_5}$ এর বিযোজন বৃদ্ধি পায়।

**বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ** কার্বনাইল ক্লোরাইড বা কার্বন ডাইক্লোরাইড অক্সাইড ($COCl_2$) এর বিযোজন উপরিউক্ত $PCl_5$ এর বিযোজনের অনুরূপ। যেমন, $COCl_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CO(g) + Cl_2(g)$

সুতরাং $COCl_2$ বিযোজনের বেলায় $K_c$ ও $K_p$ এর গণনা অনুরূপভাবে করা যাবে।

এ বিক্রিয়ায় $K_c = \frac{[CO] \times [Cl_2]}{[COCl_2]}$ এবং $K_p = \frac{P_{CO} \times P_{Cl_2}}{P_{COCl_2}}$

এক্ষেত্রে $K_c$ এর একক হবে $molL^{-1}$ এবং $K_p$ এর একক হবে atm.

**উদাহরণ ১। 250°C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে $PCl_5$ 80% বিযোজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ উৎপন্ন করে। $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ, $K_p$ ও $K_c$ নির্ণয় কর।** [ ঢা. বো. ২০০৩ ]

**সমাধান ঃ**

$$PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | 1 mol | 0 mol | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | 1– 80% | 80% | 80% |
| বা, | 0.2 mol | 0.8 mol | 0.8 mol |

∴ সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা = (0.2 + 0.8 + 0.8) = 1.8

$P_{PCl_5} = \frac{0.2}{1.8} \times 1\ atm = 0.11\ atm$; $P_{PCl_3} = \frac{0.8}{1.8} \times 1\ atm = 0.44\ atm$ এবং $P_{Cl_2} = \frac{0.8}{1.8} \times 1\ atm = 0.44\ atm$

$$\therefore K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{0.44\ atm \times 0.44\ atm}{0.11\ atm} = \frac{0.1936}{0.11}\ atm = 1.76\ atm$$

এখন, $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$\therefore 1.76 = K_c (0.082 \times 298)^1 = 24.436\ K_c$

বা $K_c = \frac{1.76}{24.436} = 7.20 \times 10^{-2}\ molL^{-1}$

**উত্তর ঃ** নির্ণেয় $K_c = 7.20 \times 10^{-2}\ molL^{-1}$

$K_p = 1.76$ atm

এখানে, $K_p$ = 1.76 atm

R = 0.082 L atm $K^{-1}mol^{-1}$

T = (273 + 25) K = 298 K

$\Delta n$ = (2 – 1) = 1

এবং $PCl_5$ এর আংশিক চাপ 0.11 atm, $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ 0.44 atm.



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১০। 230°C তাপমাত্রায় $PCl_3 + Cl_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_5$ বিক্রিয়াটির জন্য $K_c$এর মান 49 $mol^{-1}L$ হয়। যদি $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর প্রত্যেকটির 0.5 mol করে নিয়ে 5 L আয়তনের একটি বন্ধ পাত্রে বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তবে ঐ তাপমাত্রায় সাম্য মিশ্রণে উপস্থিত উপাদানসমূহের মোলসংখ্যা নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** মনে করি, সাম্যাবস্থায় $PCl_3$ ও $Cl_2$ প্রত্যেকের x mol বিক্রিয়া করেছিল। প্রশ্নমতে পাত্রের আয়তন 5 L.

| | $PCl_3$ (g) | + | $Cl_2$ (g) | $\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$ | $PCl_5$ (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রাথমিক অবস্থায় ঃ | 0.5 mol | | 0.5 mol | | 0 mol |
| সাম্যাবস্থায় ঃ | (0.5 – x) mol | | (0.5 – x) mol | | x mol |

$$K_c = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3] \times [Cl_2]} = \frac{\frac{x}{5}}{\frac{(0.5-x)}{5} \quad \frac{(0.5-x)}{5}}$$

$$\therefore 49 = \frac{\frac{x}{5}}{\left[\frac{(0.5-x)}{5}\right]^2}; \quad \text{বা, } \left[\frac{7 \times (0.5-x)}{5}\right]^2 = \frac{x}{5}$$

$$\text{বা, } \frac{(3.5-7x)^2}{25} = \frac{x}{5}; \quad \text{বা, } (3.5-7x)^2 = 5x$$

$$\text{বা, } 12.25 - 49x + 49x^2 = 5x; \quad \text{বা, } 49x^2 - 54x + 12.25 = 0$$

$$\text{বা, } 4 \times 49x^2 - 4 \times 54x + 49 = 0, \quad \text{বা, } 196x^2 - 216x + 49 = 0$$

$$\therefore x = \frac{-(-216) \pm \sqrt{(-216)^2 - 4 \times 196 \times 49}}{2 \times 196} = \frac{216 \pm 90.77}{392}$$

x = 0.7826 mol (প্রায়) এবং 0.3195 mol (প্রায়)

এক্ষেত্রে x = 0.7826 mol অগ্রহণযোগ্য, কারণ এ মান প্রাথমিক ঘনমাত্রা (0.5 mol) থেকে বেশি। সুতরাং x = 0.3195 mol (প্রায়) হবে।

অতএব, সাম্য মিশ্রণে $PCl_5$ = 0.3195 mol (প্রায়)

$PCl_3$ = (0.5 – 0.3195) mol = 0.1805 mol এবং $Cl_2$ = 0.1805 mol. **(উত্তর)**

## ৯.১৭। লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি

### Le-Chatelier Principle

কোন বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছানোর পর যদি বাহ্যিক অবস্থার পরিবর্তন করা না হয়, তবে সে সাম্যাবস্থা চিরকাল অপরিবর্তিত থাকবে। তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা প্রভৃতি নিয়ামক (factor) সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণ করে। এসব নিয়ামকের যে কোন একটি পরিবর্তন করলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়, নতুন সাম্যাবস্থা গড়ে ওঠে অর্থাৎ বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রায় পরিবর্তন হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর এ সকল নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

**লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতিটি নিম্নরূপ ঃ**

**কোন উভমুখী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকা কালে যদি ঐ অবস্থার একটি নিয়ামক, যেমন তাপমাত্রা, চাপ অথবা ঘনমাত্রা পরিবর্তন করা হয়, তবে সাম্যের অবস্থান ডানে বা বামে এমনভাবে পরিবর্তিত হবে, যাতে নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশমিত হয়।**

উল্লেখ্য যে, তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে চাপ অথবা ঘনমাত্রার পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়, তবে সাম্যধ্রুবকের মানের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু তাপমাত্রা পরিবর্তিত হলে সাম্যধ্রুবকের মানের পরিবর্তন ঘটে।

http://pdfcorner.com

**লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির ব্যাখ্যা ঃ** লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির আলোকে গ্যাসীয় সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থার উপর বিভিন্ন নিয়ামক যেমন তাপমাত্রা, ঘনমাত্রা বা চাপের পরিবর্তনের প্রভাব বা ফলাফল ব্যাখ্যা করা যায়।

**(ক) তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলাফল** লা-শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুসারে –(১) **তাপ উৎপাদী গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ার** ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাৎমুখী হয়ে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলাফল প্রশমিত করে। (২) **তাপহারী গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ায়** তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে তা সন্মুখমুখী হয়ে তাপ শোষণ করে তাপ বৃদ্ধির ফলাফল প্রশমিত করে। উভয় প্রকার গ্যাসীয় বিক্রিয়ার উপর তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করা হল।

**উদাহরণ–১। হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ প্রস্তুতি একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া যা নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় ঃ**

$$N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g), \qquad \Delta H = -92\ kJ$$

(i) যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী গ্যাসীয় বিক্রিয়া অর্থাৎ এক্ষেত্রে তাপ নির্গত হয়, তাই সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাৎমুখী হবে। তখন কিছু $NH_3$ বিযোজিত হয়ে $N_2$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করবে। অর্থাৎ তাপমাত্রা বাড়ালে $NH_3$ উৎপাদনের হার হ্রাস করবে।

(ii) আবার এ ক্ষেত্রে তাপমাত্রা হ্রাস করলে সাম্যের অবস্থান সম্মুখদিকে অগ্রসর হয়ে উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপ দ্বারা তাপমাত্রা হ্রাসের ফলাফল প্রশমিত করবে। 400°C ও 500°C তাপমাত্রায় এ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক যথাক্রমে $1.66 \times 10^{-4}$ ও $1.145 \times 10^{-4}$। অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় $NH_3$ উৎপাদনের হার বেশি। সুতরাং দেখা যাচ্ছে তাপমাত্রার উপর সাম্যধ্রুবক নির্ভরশীল।

**উদাহরণ–২।** তাপহারী বিযোজন বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অধিকতর উৎপাদ সৃষ্টি করে। যেমন,

$$N_2O_4\ (g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g) \qquad \Delta H^\circ = +57\ kJmol^{-1}$$

কারণ লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে যেদিকে তাপ শোষিত হয়, সেদিকে সাম্যের অবস্থান পরিবর্তিত হয়। তখন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যের অবস্থান যথাসম্ভব ডানদিকে অর্থাৎ সম্মুখমুখী থাকে। এরূপ বিযোজন বিক্রিয়ার আরো উদাহরণ নিম্নে দেয়া হল।

$$PCl_5\ (g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3\ (g) + Cl_2\ (g) \qquad \Delta H^\circ = +90\ kJmol^{-1}$$

$$COCl_2\ (g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CO\ (g) + Cl_2\ (g) \qquad \Delta H^\circ = +x\ kJmol^{-1}$$

**(খ) চাপের পরিবর্তনের প্রভাব** কোন গ্যাসীয় সিস্টেম সাম্যাবস্থায় থাকাকালে তার উপর চাপ বাড়ালে অথবা চাপ কমালে তখন সাম্যাবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হবে যাতে চাপ পরিবর্তনের প্রভাব প্রশমিত হয়। তবে–

**(i) উৎপাদের মোল সংখ্যা বেশি হলে ঃ** যদি বিক্রিয়ক অপেক্ষা **উৎপাদে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা বেশি হয়,** তখন আবদ্ধ পাত্রে একই আয়তনে চাপ বাড়ে। সে সব ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধির ফলে উৎপাদন হ্রাস পায়। যেমন,

**উদাহরণ ঃ** $PCl_5$ এর বিযোজনের ক্ষেত্রে মোলসংখ্যা বাড়ে। অর্থাৎ গ্যাস মিশ্রণের মোলার আয়তন বাড়ে; সুতরাং আবদ্ধ পাত্রে একই আয়তনে এ বিক্রিয়ার ফলে গ্যাস মিশ্রণের চাপ বাড়ে।

$$PCl_5\ (g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3\ (g) + Cl_2\ (g)$$

**(ii) উৎপাদের মোল সংখ্যা কম হলে ঃ** যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা কম হয়, সেখানে চাপ বাড়ালে বিক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হবে। যেমন,

**উদাহরণ ঃ** অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদের মোল সংখ্যা কম (বিক্রিয়কের সর্বমোট চার মোল, উৎপাদের দুই মোল)। তাই বিক্রিয়ার ফলে গ্যাসের মোলসংখ্যা কমতে থাকে অর্থাৎ মোলার আয়তন কমে যায়; ফলে আবদ্ধ পাত্রের একই আয়তনে গ্যাসের চাপ কমে। সুতরাং সাম্যাবস্থা অর্জিত হওয়ার পর চাপ বাড়ালে বিক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হয়ে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়াবে। ফলে সিস্টেমে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা

$$\underset{1\,mol}{N_2(g)} + \underset{3\,mol}{3H_2(g)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} \underset{2\,mol}{2NH_3(g)}; \qquad \Delta H = -92\ kJ$$

http://pdfcorner.com

কমবে এবং চাপ ও কমবে, যা চাপ বাড়ানোকে প্রশমিত করে। আবার চাপ কমালে বিক্রিয়াটি পিছনদিকে সরে যাবে অর্থাৎ কিছু $NH_3$ বিযোজিত হয়ে $N_2$ ও $H_2$ উৎপন্ন করবে। (এ ব্যাপারটি পরবর্তী ৯·১৮ অনুচ্ছেদে গাণিতিক সমীকরণের সাহায্যে বিশ্লেষণ করা হয়েছে।)

তাই সাম্যাবস্থা অর্জিত হওয়ার পর বাহ্যিক চাপ বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাৎদিকে যাবে, কারণ তাতে গ্যাস মিশ্রণের মোট মোলসংখ্যা কমে বলে মোলার আয়তনও কমে যাবে। ফলে গ্যাস মিশ্রণের চাপ কমবে অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধির পরিবর্তনটি প্রশমিত হবে।

**(iii) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান হলে :** যে সব গ্যাসীয় বিক্রিয়ার উভয় দিকে **বিক্রিয়ক ও উৎপাদ এর মোল সংখ্যা সমান থাকে,** তাদের ক্ষেত্রে চাপের কোন প্রভাব নেই। কেননা, এক্ষেত্রে গ্যাসীয় মোলার আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

**উদাহরণ :** HI-এর বিযোজন বা HI প্রস্তুতকরণ উভমুখী বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়কের মোল-সংখ্যা উৎপাদের মোল– সংখ্যার সমান থাকে। এ বিক্রিয়ার $K_p$ ও $K_c$ এর সমীকরণে কোন চাপ বা আয়তনের রাশির একক থাকে না।

$$2HI(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} H_2(g) + I_2(g)$$

**সুতরাং লা–শ্যাটেলিয়ারে নীতি অনুযায়ী, সাম্যাবস্থায় চাপের প্রভাবের সারমর্ম হল :**

(i) **উৎপাদের মোল সংখ্যা বেশি হলে** ঐ বিক্রিয়াটিতে চাপ কমালে উৎপাদ বাড়ে। যেমন,

$$PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

(ii) উৎপাদের মোল সংখ্যা কম হলে ঐ বিক্রিয়াটিতে চাপ বাড়ালে উৎপাদ বাড়ে। যেমন,

$$N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g)$$

(iii) উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা সমান হলে সে বিক্রিয়ায় চাপের কোন প্রভাব থাকে না। যেমন,

$$N_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO(g)$$

**সমস্যা-১। নিম্নোক্ত বিক্রিয়ায় চাপের প্রভাব কী হবে ?**

$$N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$$

**সমাধান :** সমীকরণে দেখা যায় যে, বামদিকে অর্থাৎ বিক্রিয়কের দিকে এক মোল গ্যাস এবং ডানদিকে অর্থাৎ উৎপাদের দিকে দুই মোল গ্যাস বিদ্যমান। এর অর্থ বিক্রিয়ার ফলে আবদ্ধ পাত্রে চাপ বাড়ে। সুতরাং **সিস্টেমে চাপ কমালে** বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে অগ্রসর হবে অর্থাৎ চাপ হ্রাস করার প্রভাব দূর করার জন্য অধিক উৎপাদ সৃষ্টি করবে। আবার **সিস্টেমের চাপ** বাড়ালে বিক্রিয়াটি পিছনের দিকে সরে যাবে।

**(গ) ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব** একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালে ঐ বিক্রিয়ার কোন উপাদানের ঘনমাত্রা বাড়ালে বা একটি উপাদানের কিছু পরিমাণ সিস্টেম থেকে সরিয়ে নিলে লা–শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে সাম্যাবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হবে, যাতে ঘনমাত্রার পরিবর্তনটি প্রশমিত হয়।

**উদাহরণ–১।** ঘনমাত্রার পরিবর্তনের প্রভাব বোঝার জন্য $N_2O_4$ এর বিযোজন বিক্রিয়াটি ধরা যাক।

$$N_2O_4(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2(g)$$

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

(i) এক্ষেত্রে বন্ধ পাত্রে সাম্যাবস্থায় গ্যাস মিশ্রণের মধ্যে আরো $N_2O_4$ যোগ করা হল অর্থাৎ **$N_2O_4$ এর ঘনমাত্রা বাড়ানো হল।** যেহেতু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় $K_c$ এর মান অপরিবর্তিত থাকবে; সুতরাং কিছু $N_2O_4$ বিযোজিত হয়ে $NO_2$ উৎপন্ন করবে অর্থাৎ সাম্যাবস্থা ডানদিকে সরে যাবে।

(ii) আবার সাম্যাবস্থায় থাকাকালে কিছু $N_2O_4$ গ্যাস সিস্টেম থেকে সরিয়ে ফেলা হল। স্থির তাপমাত্রায় $K_c$ এর মান অপরিবর্তিত থাকবে বিধায় কিছু $NO_2$ নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করে $N_2O_4$ উৎপন্ন করবে অর্থাৎ

http://pdfcorner.com

সাম্যাবস্থা ডান দিক থেকে বাম দিকে সরে গিয়ে $N_2O_4$ এর ঘনমাত্রা কমানোকে প্রশমিত করবে। একইভাবে $NO_2$ এর ঘনমাত্রা বাড়ালে বা কমালে সাম্য প্রক্রিয়া ঠিক বিপরীত দিকে স্থানান্তরিত হবে।

সুতরাং সমীকরণ মতে বাম পার্শ্বের কোন উপাদান যোগ করলে সাম্যাবস্থায় সম্মুখমুখী বিক্রিয়া বৃদ্ধি পায় এবং ডান পার্শ্বের উপাদান যোগ করলে পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়া বৃদ্ধি পায়।

## ৯.১৮। শিল্পোৎপাদনে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ
## Application of Le-Chatellier Principle on Industrial Productions

শিল্প উৎপাদনের ক্ষেত্রে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। নিচে দুটি গুরুত্বপূর্ণ শিল্প প্রক্রিয়া সম্পর্কে এ নীতির আলোকে আলোচনা করা হল।

**(ক) অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপাদন ঃ** বাণিজ্যিক ভিত্তিতে হেবার-বোস পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বিক্রিয়া নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ

$$N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g) + 92\,kJ$$

| | $N_2(g)$ | + | $3H_2(g)$ | $\rightleftharpoons$ | $2NH_3(g)$ + 92 kJ |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রথম অবস্থায়, | 1 mol | | 3 mol | | 0 |
| সাম্যাবস্থায়, | (1 – x) mol | | 3(1 – x) mol | | 2x mol |

**(১) চাপের প্রভাব ঃ** এ বিক্রিয়ায় চাপের প্রভাব $K_p$ এর রাশিমালা থেকে জানা যায়। সমীকরণ মতে, সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা = (1 – x + 3 – 3x + 2x) = (4 – 2x)

বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, $K_p = \dfrac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}) \times (P_{H_2})^3}$

গ্যাস মিশ্রণটির মোট চাপ P হলে ;

$NH_3$ এর আংশিক চাপ, $p_{NH_3} = \dfrac{2x}{(4-2x)} \cdot P = \dfrac{x}{(2-x)} \cdot P$

$N_2$ এর আংশিক চাপ, $p_{N_2} = \dfrac{(1-x)}{(4-2x)} \cdot P$

$H_2$ এর আংশিক চাপ, $p_{H_2} = \dfrac{(3-3x)}{(4-2x)} \cdot P$

$$\therefore K_p = \frac{\left(\frac{x}{2-x} \cdot P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x} \cdot P\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x} \cdot P\right)^3} = \frac{\frac{x^2 \times P^2}{(2-x)^2}}{\frac{(1-x) \times P}{2(2-x)} \times \frac{27(1-x)^3 \times p^3}{8(2-x)^3}}$$

$$= \frac{16}{27} \frac{x^2 (2-x)^2}{(1-x)^4 P^2}$$

যদি $x < < 1$ হয়। তখন $(1-x) = 1$ এবং $(2-x) = 2$ ধরে পাই; $K_p = \dfrac{64}{27} \cdot \dfrac{x^2}{P^2}$ ; বা, $x^2 = \dfrac{27}{64} \cdot K_p P^2$

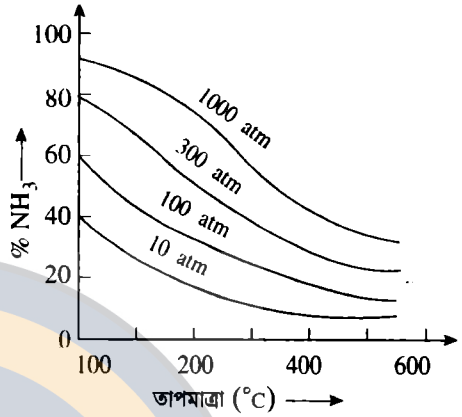
সমীকরণটি থেকে দেখা যাচ্ছে, স্থির তাপমাত্রায় মোট চাপ P এর মান যতই বৃদ্ধি করা যাবে উৎপাদ, x এর মান তত বৃদ্ধি পাবে অর্থাৎ $NH_3$ উৎপাদন ত্বরান্বিত হবে। কারণ, স্থির তাপমাত্রায় $K_p$ এর মান ধ্রুবক। অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধির ফলে $NH_3$ এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে এবং চাপ হ্রাসের ফলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন হ্রাস পাবে।

**(২) তাপমাত্রার প্রভাব ঃ** অ্যামোনিয়া উৎপাদন বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী। সুতরাং লা-শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুসারে বিক্রিয়ার তাপমাত্রা যত কম হবে, অ্যামোনিয়ার উৎপাদন তত বেশি হবে। কিন্তু শিল্প কারখানায় অর্থনৈতিক লাভের জন্য উৎপাদনের পরিমাণের সাথে সময়ের হিসাবটাও দরকার। নিম্ন তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া উৎপাদনের হার বা গতি হ্রাস পায় এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থায় অ্যামোনিয়ার শতকরা উৎপাদন হ্রাস পায়। এ দুটি বিপরীত শর্তের কারণে এমন একটি তাপমাত্রা নির্বাচন করতে হয়, যে তাপমাত্রায় যথোপযুক্ত কম সময়ে আশানুরূপ উৎপাদন লাভ করা যায়। প্রতিটি তাপোৎপাদী শিল্প প্রক্রিয়ায় এমন একটি সর্বনিম্ন তাপমাত্রা আছে, যাতে প্রক্রিয়া সম্পাদন লাভজনক হয়। এ তাপমাত্রাকে অত্যানুকূল তাপমাত্রা (optimum temperature) বলা হয়।

http://pdfcorner.com

যে কোন প্রভাবক রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ ত্বরান্বিত করে। কিন্তু সাম্য অবস্থার উপর এর প্রভাব নেই। এ কারণে শিল্পোৎপাদনে অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রভাবকের সাহায্য গ্রহণ করা হয়। অত্যানুকূল তাপমাত্রা বিভিন্ন প্রভাবকের জন্য বিভিন্ন হয়। তবে এ বিক্রিয়ায় $Fe_3O_4$ প্রভাবকের সাথে KOH ও $Al_2O_3$ মিশ্রণকে প্রভাবক সহায়ক বা উত্তেজক (promoter) হিসেবে ব্যবহার করা হয় এবং অত্যানুকূল তাপমাত্রা হয় 400 – 500° C।

বিক্রিয়াটিতে আয়তন হ্রাস পায় বলে উচ্চচাপে $NH_3$ এর উচ্চ উৎপাদন আশা করা সঙ্গত, যা এ বিক্রিয়ার $K_p$ এর সমীকরণ থেকেও স্পষ্ট। তাই এ বিক্রিয়ার জন্য 200 atm চাপ প্রয়োগ করা হয়ে থাকে। আরো অধিক চাপ যেমন 1000 atm বায়ুচাপে শতকরা উৎপাদন আরো বৃদ্ধি পায়; কিন্তু উচ্চচাপ সৃষ্টি ব্যয়বহুল বিধায় সাধারণত $Fe_3O_4$ এর সাথে মলিবডেনাম মিশিয়ে 500°C তাপমাত্রায় ও 200 atm চাপে বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। চাপ বাড়ানোর সাথে সাথে যে উৎপাদন বৃদ্ধি পায় তা চিত্র ৯·৪ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।




চিত্র ৯.৪ : বিভিন্ন চাপ ও তাপমাত্রায় $NH_3$ এর উৎপাদন।

**উদাহরণ ১১। 700 K তাপমাত্রায় ও 20 atm চাপে $N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g)$ বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় 21% $N_2$ ও 16% $NH_3$ থাকে। বিক্রিয়াটির $K_p$ ও $K_c$ নির্ণয় কর।**

**সমাধান :** প্রশ্নানুসারে, 100 mol বিক্রিয়া মিশ্রণে 21 mol $N_2$ ও 16 mol $NH_3$ থাকলে অবশিষ্ট {(100 – (21 + 16)} বা, 63 mol $H_2$ আছে।

$$\therefore \quad P_{H_2} = \frac{63}{100} \times 20 = 12.6 \text{ atm}$$

$$N_2(g) \quad + \quad 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$
$$21\% \qquad\qquad 16\%$$

$$P_{NH_3} = \frac{16}{100} \times 20 = 3.2 \text{ atm}$$

$$P_{N_2} = \frac{21}{100} \times 20 = 4.2 \text{ atm}$$

$$\therefore \quad K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2})(P_{H_2})^3} = \frac{(3.2)^2}{(4.2)\,(12.6)^3} = \frac{10.24}{8401.6} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ atm}^{-2}$$

আমরা জানি, $K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$; এখানে $\Delta n = 2 - (1 + 3) = -2$

অর্থাৎ $K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$; $R = 0.082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

বা $K_c = \frac{1.2 \times 10^{-3}}{(0.082 \times 700)^{-2}} = 1.2 \times 10^{-3} \times (0.082 \times 700)^2$

$= 1.2 \times 10^{-3} \times 3294.76 = 3.9537$

সুতরাং নির্ণেয় $K_p = 1.2 \times 10^{-3}$ atm$^{-2}$ এবং $K_c = 3.9537 \text{ L}^2\text{mol}^{-2}$ **(উত্তর)**

**(খ) সালফিউরিক এসিড শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে $SO_2$-এর জারণ বা $SO_3$ উৎপাদন :** বাণিজ্যিক ভিত্তিতে সালফিউরিক এসিড প্রস্তুতির একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ হচ্ছে $SO_2$-এর জারণ। উৎপন্ন $SO_3$ কে পানির সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে সালফিউরিক এসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2SO_3(g) \qquad \Delta H = -197 \text{ kJ}$$

$$SO_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(l)$$

http://pdfcorner.com

(i) যেহেতু $SO_2$-এর জারণ বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপোৎপাদী, তাই নিম্ন তাপমাত্রায় $SO_3$-এর উৎপাদন বাড়বে। তবে নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ধীরগতিতে অগ্রসর হয় বলে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়।

(ii) প্রভাবক ব্যবহার করেও বিক্রিয়ার গতি বাড়ানো হয়। এক্ষেত্রে ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড ($V_2O_5$) বা প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবক ব্যবহার করে 400 – 500° C তাপমাত্রা এ ক্ষেত্রে অত্যানুকূল তাপমাত্রা হয়।

(iii) বাতাসের অক্সিজেন যেহেতু সহজলভ্য, সেহেতু শিল্পক্ষেত্রে এ বিক্রিয়ার জন্য হিসাবকৃত পরিমাণের তুলনায় প্রায় তিনগুণ বাতাস বিক্রিয়াস্থলে প্রবেশ করানো হয় যাতে অধিক পরিমাণ $SO_2$ জারিত হয়।

(iv) বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যায়, বিক্রিয়াটি মোলার আয়তন হ্রাসের মাধ্যমে সংঘটিত হয় অর্থাৎ যতই চাপ বাড়ানো যায় ততই $SO_3$ এর উৎপাদনের শতকরা হার বাড়ানো যায়। তবে 1.7 atm চাপেই উপরোল্লিখিত অবস্থায় প্রায় 95% $SO_2$ জারিত হয়। এ কারণে আর অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ করা হয় না।

## ৯.১৯। প্রভাবক ও রাসায়নিক সাম্যাবস্থা

### Catalyst and Chemical Equilibrium

**প্রভাবকের সংজ্ঞা ঃ** যে বস্তু কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের সংস্পর্শ থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস করে, কিন্তু বিক্রিয়ার পরে ভরে ও রাসায়নিক সংযুক্তিতে অপরিবর্তিত থাকে, তাকে ঐ বিক্রিয়ার প্রভাবক বলা হয়। যে বস্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে, তাকে ধনাত্মক প্রভাবক এবং যে বস্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করে, তাকে ঋণাত্মক প্রভাবক বলা হয়।

**রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের প্রভাবহীনতা ঃ** প্রভাবক রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি হ্রাস-বৃদ্ধি করলেও রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর কোন প্রভাব ফেলে না। এর কারণ হচ্ছে একটি প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি যতগুণ বৃদ্ধি বা হ্রাস করে, বিপরীত বিক্রিয়ার গতি ঠিক ততগুণ বৃদ্ধি বা হ্রাস করে। ফলে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা একইভাবে বিরাজ করে, গাণিতিকভাবে তা সহজেই দেখানো যায়।

মনে করি, প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া $A + B \rightleftharpoons C + D$ এর সম্মুখ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $k_1$ এবং প্রভাবকের উপস্থিতিতে তা n গুণ বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ তা $nk_1$ হয়।

সুতরাং ভর ক্রিয়ার সূত্র অনুসারে প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ = $k_1$ [A] [B] এবং প্রভাবকের উপস্থিতিতে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ = $nk_1$ [A] [B]। বিপরীত বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে $k_2$ হলে প্রভাবকের উপস্থিতিতে তা $nk_2$ হবে।

∴ প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ = $k_2$ [C] [D] এবং প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ = $nk_2$ [C] [D] । সাম্যাবস্থায় সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়ায় গতিবেগ সমান।

∴ প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে, $k_1$[A] [B] = $k_2$ [C] [D] ; অথবা, $\frac{[C]\,[D]}{[A]\,[B]} = \frac{k_1}{k_2} = K$ (সাম্যধ্রুবক)।

প্রভাবকের উপস্থিতিতে, $nk_1$ [A] [B] = $nk_2$ [C] [D] ; অথবা, $\frac{[C]\,[D]}{[A]\,[B]} = \frac{nk_1}{nk_2} = \frac{k_1}{k_2} = K$ (সাম্যধ্রুবক)

প্রমাণিত হল যে, প্রভাবকের উপস্থিতিতে ও অনুপস্থিতিতে সাম্যধ্রুবকের মান অপরিবর্তিত থাকবে।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **উভমুখী বিক্রিয়া ঃ** কোন বিক্রিয়া একটি বিশেষ অবস্থায় উপনীত হয়ে যদি এক সাথে সম্মুখ ও পশ্চাৎদিকে সংঘটিত হয়, তবে ঐ বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। অনেক বিজ্ঞানীর মতে, সকল বিক্রিয়াই উভমুখী, তবে কোন কোন বিক্রিয়ায় একদিকের গতিবেগ অন্যদিকের গতিবেগের তুলনায় এত কম যে তা বোধগম্য হয় না, সে সব বিক্রিয়াগুলোকে একমুখী বিক্রিয়া হিসেবে ধরা হয়ে থাকে।

✪ **উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখীকরণ ঃ** উভমুখী বিক্রিয়ার একটি উৎপাদ যদি বিক্রিয়াস্থল থেকে ক্রমাগত সরিয়ে নেওয়া হয় তবে বিপরীত বিক্রিয়াটি সংঘটিত হতে না পেরে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়ে যায়।

http://pdfcorner.com

✪ **ভরক্রিয়ার সূত্র ঃ** যে কোন বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থগুলোর সক্রিয় ভরের সমানুপাতিক।

✪ **সাম্যাঙ্ক বা সাম্যধ্রুবক ঃ** ভরক্রিয়ার সূত্রের সাহায্যে কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার সাম্যধ্রুবক গণনা করা যায়। উদাহরণস্বরূপ নিম্নলিখিত সাধারণ বিক্রিয়াটি বিবেচনা করলে—

$$aA + bB \rightleftharpoons lL + mM$$

বিক্রিয়ার মোলপ্রতি লিটারে প্রকাশিত সাম্যধ্রুবক,

$$K_c = \frac{[L]^l\,[M]^m}{[A]^a\,[B]^b};$$ এখানে [ ] দ্বারা মোলার ঘনমাত্রা বোঝানো হয়েছে।

এবং বিক্রিয়ায় আংশিক চাপে প্রকাশিত সাম্যধ্রুবক,

$$K_p = \frac{p_L^{\,l} \times p_M^{\,m}}{p_A^{\,a} \times p_B^{\,b}};$$ এখানে p দ্বারা আংশিক চাপ বোঝানো হয়েছে।

এছাড়া $K_p$ ও $K_c$ এর মধ্যে সম্পর্কটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়। যেমন,

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$; $\Delta n$ = উৎপাদের মোলসংখ্যা ও বিক্রিয়কের মোলসংখ্যার মধ্যে পার্থক্য।

✪ **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ঃ** যখন কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় সম্মুখ বিক্রিয়ার বা অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার গতিবেগ পশ্চাৎবর্তী বা বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয় তখন সে অবস্থাকে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা বলে।

✪ **সাম্যের গতিশীলতা ঃ** আপাতদৃষ্টিতে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় বলে মনে হয়। কিন্তু বাস্তবিকপক্ষে এ অবস্থায় বিক্রিয়াটি সম্মুখ ও পশ্চাৎ অর্থাৎ উভয়দিকে সমান হারে চলতে থাকে। তাই সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায় বলে মনে হলেও সাম্যাবস্থা গতিশীল যা বিভিন্ন পরীক্ষা থেকেও প্রমাণিত হয়।

✪ **সাম্যের বৈশিষ্ট্য ঃ** রাসায়নিক সাম্যের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য আছে। যেমন,

**(১) সাম্যের স্থায়িত্ব ঃ** কোন বিক্রিয়া একবার সাম্যাবস্থায় পৌঁছালে, যদি বাহ্যিক অবস্থা যেমন চাপ, তাপ ও বিক্রিয়ার উপাদানগুলোর ঘনমাত্রার কোন পরিবর্তন করা না হয়, তবে সে অবস্থা চিরকাল স্থায়ী থাকবে।

**(২) বিক্রিয়ার উভয়দিক থেকে সুগম্যতা ঃ** সাম্যের দ্বিতীয় বৈশিষ্ট্য হল, যে বিক্রিয়াগুলো সাম্যাবস্থায় উপনীত হয় সে সব বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার সম্মুখ বা পশ্চাৎ অর্থাৎ বিক্রিয়ক বা উৎপাদের যে কোন দিক থেকেই বিক্রিয়া শুরু করা যাক না কেন, একই সাম্যাবস্থায় উপনীত হওয়া যায়।

**(৩) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা ঃ** সাম্যাবস্থার অন্যতম একটি বৈশিষ্ট্য হচ্ছে বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা। সাম্যধ্রুবকের মান যেহেতু শূন্য বা অসীম হয় না, তাতেই বোঝা যায় যে, সাম্যাবস্থায় উভমুখী বিক্রিয়া কখনও কোনদিকে সমাপ্ত হয় না।

**(৪) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা ঃ** প্রভাবকের কারণে সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়ার গতি উভয়েই সমহারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায় বলে সাম্যধ্রুবকের কোন পরিবর্তন হয় না।

✪ **ল্যা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি ঃ** কোন সিস্টেম সাম্যাবস্থায় থাকাকালে যদি কোন নিয়ামক যেমন তাপ, চাপ বা ঘনমাত্রা পরিবর্তন করা হয়, তবে সাম্যের অবস্থান এমনভাবে পরিবর্তিত হবে যেন নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশমিত হয়।

✪ **সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলাফল ঃ** কোন বিক্রিয়া তাপশোষণকারী হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে তা সামনের দিকে অগ্রসর হয়। অপরদিকে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পিছনদিকে সরে যায়।

http://pdfcorner.com

✪ **সাম্যাবস্থায় চাপের পরিবর্তন ঃ** কঠিন ও তরল মাধ্যমে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপের কোন প্রভাব নেই। যে বিক্রিয়ার উভয় দিকে সমান সংখ্যক গ্যাসীয় অণু থাকে, তাতেও চাপের কোন প্রভাব নেই। যে উভমুখী বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় অণুসংখ্যার বৃদ্ধি ঘটে, চাপ বাড়ালে সে বিক্রিয়া পিছনের দিকে অগ্রসর হয় আর যে বিক্রিয়ায় উৎপাদের অণুসংখ্যা বিক্রিয়কের অণুসংখ্যা থেকে কম হয়, চাপ বৃদ্ধির ফলে সে বিক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

✪ **সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রার পরিবর্তন ঃ** কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়া সামনের দিকে যায় উৎপাদকের ঘনমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়া পশ্চাৎ দিকে যায়।

✪ **শিল্পোৎপাদনে লা–শ্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ ঃ** অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী। আবার এ বিক্রিয়ার গতিবেগ বাড়ানোর জন্য তাপমাত্রা বাড়ানোর প্রয়োজন। তাই একটি অত্যানুকূল তাপমাত্রা (400 – 550°C) প্রয়োজন। প্রভাবকও বিক্রিয়ার গতি বাড়াতে পারে। অন্যদিকে বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় অণু সংখ্যা হ্রাস পাওয়ায় উচ্চচাপ প্রয়োগে উৎপাদন বাড়ে। তাই সবদিক বিবেচনা করে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে 200 atm চাপে 550°C তাপমাত্রায় আয়রন অক্সাইড এবং মলিবডেনাম প্রভাবক ব্যবহার করা হয়।

শিল্পক্ষেত্রে সালফিউরিক এসিড উৎপাদনের ক্ষেত্রে সালফার ডাইঅক্সাইডের জারণ একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ। সালফার ডাইঅক্সাইডের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও অত্যানুকূল তাপমাত্রা (400 – 500° C ) প্রয়োজন। কারণ তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়ার গতিবেগ বাড়ে, কিন্তু উৎপাদন কমে। তাত্ত্বিকভাবে হিসাবকৃত পরিমাণ অপেক্ষা তিনগুণ বাতাস ব্যবহার করে কাঙ্ক্ষিত উৎপাদন লাভ করা যায় বলে চাপ বাড়ানো হয় না।

## অনুশীলনী–৯ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) একমুখী বিক্রিয়া ও উভমুখী বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ ?

(খ) সকল বিক্রিয়াই কি উভমুখী? আলোচনা কর।

(গ) সকল বিক্রিয়াই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান;–ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০১০]

(ঘ) উভমুখী বিক্রিয়াকে কীভাবে একমুখী করা যায় ?

২। (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কী বুঝ? [কু. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]

(খ) রাসায়নিক 'সাম্যাবস্থা সর্বদা গতিশীল'; ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮ ]

৩। রাসায়নিক সাম্যাবস্থার তিনটি বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর। [ঢা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১০]

৪। (ক) ভর-ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। ভর–ক্রিয়ার সূত্রানুসারে সাম্যধ্রুবক $K_c$ এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর। [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৮; য. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]

(খ) ভর-ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। ভর-ক্রিয়া সূত্রের সাহায্যে জ্ঞাত পরিমাণ বিক্রিয়ক নিয়ে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলোর সাম্যধ্রুবকের সমীকরণ উপপাদন কর।

(i) $2NH_3 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} N_2 + 3H_2$ [চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮]

(ii) $N_2 + O_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO$

(iii) $PCl_3 + Cl_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_5$



http://pdfcorner.com

(iv) $N_2O_4 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2$ [ দি. বো. ২০১১]

(v) $A + B \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2C$; গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাঙ্ক $K_p$ হিসাব কর। [ঢা. বো. ২০০৯ ]

৫। সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$ বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও। [ ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

৬। সাম্যধ্রুবক $K_p$ ও $K_c$ এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। [ ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

৭। সমসত্ত্ব গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ভর–ক্রিয়া সূত্রের একটি প্রয়োগ বা ব্যবহার দেখাও।

৮। (ক) ভরক্রিয়া সূত্র কী? $PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$; এ বিক্রিয়ার বিযোজনের পরিমাণ 'α' হলে $K_p$ এর রাশিমালা উপপাদন কর। [ চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৭; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০০৯]

(খ) বিয়োজন মাত্রা কী ? $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$; এ বিক্রিয়ার বিয়োজন মাত্রা α হলে এর $K_p$ এর রাশিমালা বের কর। [ ব. বো. ২০১০]

(গ) সাম্যধ্রুবক বলতে কী বুঝ? $PCl_5(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3(g) + Cl_2(g)$; এ বিক্রিয়ার $K_c$ এর রাশিমালা উপপাদন কর।

(ঘ) স্থির তাপমাত্রায় চাপ বাড়ালে $PCl_5$ এর বিযোজন-মাত্রা হ্রাস পায় —ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৯ ]

৯। (ক) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(খ) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? এ নীতির আলোকে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

(i) $N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g) \quad \Delta H^\circ = -92\ kJ$ [ ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৯]

(ii) $N_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO(g) \quad \Delta H^\circ = +168\ kJ$ [ সি. বো. ২০১০]

(iii) $2SO_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2SO_3(g) \quad \Delta H^\circ = -197\ kJ$ [ ঢা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৯]

১০। (ক) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? একটি উভমুখী রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০১১; রা. বো. ২০১১]

(খ) লা–শ্যাটেলিয়ারের নীতির আলোকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর চাপ পরিবর্তনের প্রভাব উদাহরণসহ লেখ।

(গ) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ বিক্রিয়াটির উপর চাপের কোন প্রভাব আছে কি ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও। [ রা. বো. ২০১০]

১১। চাপের পরিবর্তন করলে সাম্যধ্রুবকের কোন পরিবর্তন হয় না; অথচ তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলে সাম্যধ্রুবকের পরিবর্তন ঘটে। উদাহরণসহ তা ব্যাখ্যা কর।

১২। (ক) শিল্পক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ আলোচনা কর।

(খ) শিল্পক্ষেত্রে $SO_3$ উৎপাদনে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ আলোচনা কর।

http://pdfcorner.com

## খ-বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। HI কে আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে কোন্ প্রকার বিক্রিয়া ঘটে? বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

২। সকল বিক্রিয়া কি উভমুখী? বাস্তবে একমুখী এরূপ একটি বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

৩। ব্লু ভিট্রিওলকে আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে কী প্রকার বিক্রিয়া ঘটে?

৪। সাম্যাবস্থায় থাকে এরূপ একটি ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ সমীকরণের মাধ্যমে লেখ।

৫। (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্তগুলো উল্লেখ কর।

(খ) সাম্যাঙ্ক $K_c$ এর মান কখনও কি শূন্য বা অসীম হতে পারে?–তা ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১০]

(গ) 'একটি উভমুখী বিক্রিয়া কখনও সমাপ্ত হয় না।' –ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. ২০১০]

৬। উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করা যায়; এমন দুটি বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ।

৭। সমসত্ত্ব সাম্য বলতে কী বুঝ?

৮। গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থাকে প্রভাবিত করে এমন নিয়ামকগুলোর নাম লেখ।

৯। $N_2$ ও $H_2$ থেকে $NH_3$ উৎপাদন অধিক চাপে ত্বরান্বিত হয় কেন ব্যাখ্যা কর।

## গ-বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা-৯

সমীকরণ, (i) $K_c = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$, (ii) $K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n}$

১। 25°C তাপমাত্রায় $H_2\,(g) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \rightleftharpoons H_2O\,(g)$ বিক্রিয়াটির $K_p$ এর মান $1.164 \times 10^{40}\ atm^{\frac{1}{2}}$। হলে বিক্রিয়াটির $K_c$ এর মান কত? [ উঃ $5.754 \times 10^{40}\ L^{\frac{1}{2}}\ mol^{-\frac{1}{2}}$ ]

২। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসীয় সাম্যাবস্থায় $N_2 + 3H_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3$ বিক্রিয়াটির সাম্যাঙ্ক নিরূপণের জন্য কোন 1 লিটার পাত্রে 0.326 mol $N_2$ এবং 0.439 mol $H_2$ মিশ্রিত করা হল। সাম্যাবস্থায় দেখা গেল সিস্টেমটিতে মোট মোলসংখ্যা 0.657। সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। [ উঃ $K_c = 2.018\ mol^{-2}L^2$ ]

৩। 250°C তাপমাত্রায় 2 লিটার আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে 1 mol $PCl_5$ কে বিযোজিত করা হল। বিযোজনের সাম্যধ্রুবক $K_c = 0.0414$ হলে $Cl_2$ এর সাম্য ঘনমাত্রা কত ? [ উঃ $0.1246\ molL^{-1}$ ]

৪। (ক) 30°C তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে 15.6% $PCl_5$ বিযোজিত হয়। উক্ত বিযোজনে $K_p$ এর মান নির্ণয় কর। [ উঃ 0.0374145 atm ]. [ চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৭, ২০০৯; রা. বো. ২০০২; য. বো. ২০০৯]

(খ) 250°C তাপমাত্রায় ও 3 atm চাপে 80% $PCl_5$ বিযোজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ উৎপন্ন হয়। $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ ও $K_p$ নির্ণয় কর। [ উঃ 1.33 atm এবং $K_p$ = 5.36 atm ]

[ ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৮]

৫। 410 K তাপমাত্রায় HI 35% বিযোজিত হয়। এ বিযোজনের $K_c$ ও $K_p$ নির্ণয় কর।

[ উঃ $K_c$ = 0.07248, $K_p$ = 0.07248 ] [দি. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

৬। (ক) 450°C তাপমাত্রায় ও $1.01 \times 10^5\ Nm^{-2}$ চাপে 1L ফ্লাস্কে 1mol $H_2$ ও 1 mol $I_2$ মিশ্রিত করা হল। সাম্য মিশ্রণে 1.56 mol HI উৎপাদ থাকলে ঐ তাপমাত্রায় $K_p$ নির্ণয় কর।

[ উঃ Kp = 50.28] [ কু. বো. ২০০১]

(খ) 425°C তাপমাত্রায় 4.25 mol $H_2$ এবং 4.75 mol $I_2$ কে 1 L ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.70 mol HI উৎপন্ন হয়। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ বিক্রিয়াভিত্তিক সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$ নির্ণয় কর।

[ উঃ $K_c = K_p = 35.627$] [য. বো. ২০০৩; রা. বো. ২০০৫ ]

(গ) 445°C তাপমাত্রায় 41.14 g $H_2$ এবং 1325.88 g $I_2$ বাষ্পের মিশ্রণকে 1 L ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করা হল। ফলে 1308.16 g HI উৎপন্ন হলে এ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক গণনা কর।

[ উঃ $K_c = K_p = 62.061$] [য. বো. ২০০৫ ]

(ঘ) 425°C তাপমাত্রায় 15 mol $H_2$ এবং 5.2 mol $I_2$ এর মিশ্রণকে 1'L আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে 10 mol HI উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক গণনা কর। [ উঃ $K_c = K_p = 50$] ][কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]

৭। 25°C (298K) তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় $N_2O_4$ এর বিযোজনের মিশ্রণে $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ 0.75 atm এবং বিক্রিয়াটির $K_p = 8.33 \times 10^{-2}$ atm। বিক্রিয়াটির $K_c$ এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। [ উঃ $K_c = .3.40 \times 10^{-3}$ $molL^{-1}$; $P_{NO_2} = 0.25$ atm ] [ চ. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৩ ]

৮। 600°C তাপমাত্রা ও 10 atm চাপে $N_2$ গ্যাস ও $H_2$ গ্যাস 1ঃ3 অনুপাতে মিশ্রিত করা হল। বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় 15% $NH_3$ গ্যাস সাম্য মিশ্রণে থাকে। ঐ তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবক $K_p$ নির্ণয় কর।

[উঃ $4.0 \times 10^{-3} atm^{-2}$]

[ সংকেত ঃ প্রশ্নমতে সাম্য মিশ্রণে $\frac{2x \times 100}{(4 - 2x)} = 15$, $\therefore x = 0.26$ mol ]

৯। 400°C তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে, $COCl_2\ (g) \rightleftharpoons CO\ (g) + Cl_2\ (g)$ বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $K_p = 4.44 \times 10^{-2}$ atm হলে ঐ তাপমাত্রায় কার্বনাইল ক্লোরাইড ($COCl_2$) এর বিযোজন পরিমাণ $\alpha$ এর মান নির্ণয় কর। [উঃ 16.95% ]

১০। 1.0 L আয়তনের একটি পাত্রে 0.1 mol $PCl_5$ কে150°C (423 K) তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ $4.38 \times 10^5\ Nm^{-2}$ হয়। ঐ তাপমাত্রায় $PCl_5$ এর বিযোজনের–মাত্রা (degree of dissociation), $\alpha$ এবং সাম্যধ্রুবক $K_p$ নির্ণয় কর।

[উঃ $\alpha = 0.25 mol^{-1}$ বা 25%; $K_p = 2.92 \times 10^4\ Nm^{-2}$]

[ সংকেত ঃ $\frac{\text{প্রকৃত চাপ (বিযোজনের পর)}}{\text{প্রত্যাশিত চাপ (অবিযোজিত)}} = \frac{(1 + \alpha)}{1}$; প্রদত্ত তাপমাত্রায় "প্রকৃত চাপ" ও "প্রত্যাশিত চাপ" থেকে $\alpha$ এর মান বের করা যায়। ]

PV = nRT থেকে প্রত্যাশিত চাপ, P বের করতে হবে। তখন, $V = 1.0 \times 10^{-3} m^3$; n = 0.1; $R = 8.314\ JK^{-1} mol^{-1}$; T = 423 K ধরে প্রত্যাশিত চাপ, $P = 3.517 \times 1\ 0^5 Nm^{-2}$ হবে।]

১১। 1.0 L আয়তনের একটি পাত্রে 0.1 mol কার্বন ডাইক্লোরাইড অক্সাইড, $COCl_2$ (g) কে 400°C (673 K) তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ $8.0 \times 10^5\ Nm^{-2}$ হয়। ঐ তাপমাত্রায় $COCl_2$(g) এর বিযোজন [ $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO\ (g) + Cl_2\ (g)$] এর মাত্রা, $\alpha$ এবং সাম্যধ্রুবক, $K_p$ নির্ণয় কর।

[ সংকেত ঃ ১০ নং এর অনুরূপ।] [উঃ $\alpha = 0.43 mol^{-1}$ বা, 43%, $K_p = 18.14756 \times 10^4\ Nm^{-2}$]

http://pdfcorner.com

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। প্রায় সব রাসায়নিক শিল্পে গ্যাসীয় রাসায়নিক সাম্যাবস্থা জড়িত। তাই এ সব শিল্পোৎপাদনে লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতির ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদন, স্পর্শ পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ উৎপাদন হল এর অন্যতম উদাহরণ। স্পর্শ পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ পরিমাণ $H_2SO_4$ এসিড উৎপাদন নিম্নোক্ত উভমুখী তাপোৎপাদী বিক্রিয়াটির উপর নির্ভরশীলঃ $2SO_2(g) + O_2(g) \underset{2\text{ atm, }450^\circ C}{\overset{V_2O_5}{\rightleftharpoons}} 2SO_3(g)\ \Delta H = -197\ kJmol^{-1}$

(ক) মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি বলতে কী বুঝ? ১

(খ) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লেখ। উদ্দীপক মতে উভমুখী বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $K_p$ এর রাশিমালা লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, $NH_3$ উৎপাদনের জন্য 600°C তাপমাত্রায় ও 10 atm চাপে $N_2$ গ্যাস ও $H_2$ গ্যাস 1 ঃ 3 অনুপাতে মিশ্রিত করা হল। বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় 15% $NH_3$ গ্যাস মিশ্রণে উৎপন্ন হলে ঐ তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবক $K_p$ গণনা কর। [উঃ $4 \times 10^{-3}\ atm^{-2}$] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? প্রক্রিয়াটিতে প্রভাবক $V_2O_5$, তাপমাত্রা 450°C এবং প্রশ্ন (খ) এর Kp এর রাশিমালা মতে চাপ 2 atm ব্যবহার করা হয় কেন; ব্যাখ্যা কর। ৪

২। ডাই নাইট্রোজেন টেট্রাক্সাইড ($N_2O_4$) হল নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ($NO_2$) এর ডাইমার, তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে উভয় গ্যাস গতিশীল সাম্যাবস্থায় থাকে। উভয় গ্যাসের চাপ ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র মেনে চলে। কক্ষ তাপমাত্রায় ডাই নাইট্রোজেন টেট্রাক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড নিম্ন সমীকরণ মতে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় থাকে ঃ $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g);\quad \Delta H = +57\ kJ$

(ক) গ্যাসের আংশিক চাপ কী? ১

(খ) মোলার সাম্যধ্রুবক বলতে কী বোঝায়? উদ্দীপকের বিক্রিয়ার জন্য $K_p$ রাশিমালাটি লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, গতিশীল সাম্যাবস্থা বলতে কী বুঝ? 25°C তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় $N_2O_4$ এর বিযোজনের মিশ্রণে $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ 0.75 atm এবং বিক্রিয়াটির $K_p = 8.33 \times 10^{-2}$ atm। বিক্রিয়াটির $K_c$ এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ গণনা কর। [উঃ $K_c = 3.4 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$, $P_{NO_2} = 0.25$ atm.] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, বিক্রিয়ায় বিযোজনের পরিমাণ $\alpha$ ধরে $K_p$ ও $K_c$ এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর। এক্ষেত্রে $K_p$ ও $K_c$ এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। রাসায়নিক উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা ও চাপের বিশেষ প্রভাব আছে। এর ব্যাখ্যার জন্যে লা-শ্যাটেলিয়ারের একটি নীতি আছে। এরূপ একটি বিক্রিয়ার উদাহরণ হল; 250°C তাপমাত্রায় একটি আবদ্ধ পাত্রে $PCl_5$ এর একটি নমুনা 1.5 atm চাপে বিযোজিত হয়ে গ্যাসীয় সাম্যাবস্থায় আছে।

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g);\quad \Delta H^\theta = 90\ kJ$

(ক) লা-শ্যাটেলিয়ার নীতিটি বিবৃত কর। ১

(খ) রাসায়নিক সাম্যের আবশ্যকীয় শর্ত কী কী? $K_c$ এর মান শূন্য বা অসীম হতে পারে না—ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের সমীকরণ মতে, 250°C তাপমাত্রায় ও 3 atm চাপে 80% $PCl_5$ বিযোজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। সাম্যাবস্থায় $PCl_3$ ও $Cl_2$ গ্যাসের আংশিক চাপ এবং $K_p$ গণনা কর। ৩
[উঃ 1.33 atm. $K_p = 5.36$ atm.]

(ঘ) উদ্দীপকের সমীকরণ মতে, (i) সাম্যের অবস্থা ও (ii) সাম্যধ্রুবকের উপর— তাপমাত্রার বৃদ্ধি, পাত্রের আয়তন হ্রাসের এবং প্রভাবক ব্যবহারের প্রভাব আলোচনা কর। ৪

http://pdfcorner.com

৪। উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় সম্মুখ ও পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয়। তখন উৎপাদের পরিমাণ বেশি হলে সাম্যাবস্থা ডানদিকে বোঝায় এবং সাম্যধ্রুবক Kc ও Kp এর মান বেশি হয়। কিন্তু বিক্রিয়কের পরিমাণ উৎপাদের চেয়ে মিশ্রণে বেশি থাকলে সাম্যাবস্থা বামদিকে বোঝায় এবং Kc ও Kp এর মান বেশি হয়। কিন্তু বিক্রিয়কের পরিমাণ উৎপাদের চেয়ে মিশ্রণে বেশি থাকলে সাম্যাবস্থা বামদিকে বোঝায় এবং Kc ও Kp এর মান কম হয়। রসায়নবিদ হেবার অ্যামোনিয়া উৎপাদনে 10L পাত্রে 3.26 mol $N_2$ এবং 4.39 mol $H_2$ গ্যাস মিশিয়ে অত্যানুকুল অবস্থা রূপে 450°C তাপমাত্রা 200 atm চাপ ও প্রভাবকরূপে লৌহগুড়া ব্যবহার করেন। সাম্যাবস্থায় দেখা গেল সিস্টেমটিতে মোট মোল সংখ্যা 6.57 হয়েছে।

(ক) উভয়মুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা কী? ১

(খ) সাম্যাঙ্ক $K_c$ ও $K_p$ বলতে কী বুঝ; –ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, সাধারণ গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_c$ ও $K_p$ এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অ্যামোনিয়া উৎপাদন বিক্রিয়ার তাপ রাসায়নিক সমীকরণটি লেখ। উদ্দীপকের ডাটা থেকে সাম্যধ্রুবক Kc এর মান গণনা কর। এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে Kc ও Kp এর মধ্যে সম্পর্ক বের কর। ৪

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক ঃ

১। নিম্নোক্ত উভমুখী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থা কোন দিকে স্থানান্তরিত হবে?

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) \qquad \Delta H = +168\ kJ$$

(ক) ডানে (খ) বামে (গ) সাম্যাবস্থা স্থিত থাকবে (ঘ) অপরিবর্তিত থাকবে

২। নিম্নোক্ত অ্যামোনিয়া উৎপাদন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $NH_3$ অধিক চাপ প্রয়োগে তরলীভূত করলে সাম্যাবস্থা কোন দিকে স্থানান্তরিত হবে? $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92kJ$

(ক) বামে (খ) ডানে (গ) সাম্যাবস্থা স্থিত থাকবে (ঘ) অপরিবর্তিত থাকবে

৩। নিচের কোন্ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপের প্রভাব নেই?

(ক) $N_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO(g)$ (খ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

(গ) $2SO_2(g) + O_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2SO_3(g)$ (ঘ) $N_2(g) + 3H_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g)$

৪। নিচের কোন্ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_c$ ও $K_p$ এর মান সমান হবে?

(ক) $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ (খ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

(গ) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ (ঘ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

৫। নিচের কোন্ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_p = K_c RT$ হবে?

(ক) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ (খ) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

(গ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ (ঘ) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

৬। নিচের কোন্ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_c$ ও $K_p$ এর 'একক' থাকে না?

(ক) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ (খ) $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

(গ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ (ঘ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

http://pdfcorner.com

৭। নিচের কোনটি অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থার উদাহরণ?

(ক) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ (খ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

(গ) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ (ঘ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

৮। স্থির তাপমাত্রায়, বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থা কোন্ দিকে সরে যায়?

(ক) ডানে (খ) বামে (গ) স্থিত অবস্থায় থাকে (ঘ) অপরিবর্তিত

৯। স্থির তাপমাত্রায়, নিচের বিক্রিয়ায় $Cl_2$-এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে সাম্যাবস্থা কোন দিকে সরে যায়?

$PCl_5(s) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

(ক) বামে (খ) স্থিত থাকে (গ) ডানে (ঘ) অপরিবর্তিত

১০। সমামোলার ইথানোয়িক এসিড ও ইথানলের বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় ইথানল ও পানির শতকরা পরিমাণ হয় ঃ

(ক) 33.3 : 66.7 (খ) 66.7: 33.3 (গ) 33.3: 33.3 (ঘ) 66.7: 66.7

১১। ইথাইল ইথানোয়েটের আর্দ্র বিশ্লেষণ উভমুখী বিক্রিয়াটি কখন একমুখী হবে?

(ক) খোলাপাত্রে (খ) উত্তপ্ত করলে (গ) বিক্রিয়া মিশ্রণে NaOH দিলে (ঘ) পানি দিলে

১২। $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$; এ বিক্রিয়ায় Kp ও Kc এর মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

(ক) $K_p = K_c \times (RT)^2$ (খ) $K_p = K_c \times RT$ (গ) $K_p = K_c \times (RT)^{-2}$ (গ) $K_c = K_p \times RT$

১৩। বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান হলে Kp ও Kc এর সম্পর্ক হয় কোনটি?

(ক) $K_p / K_c = 1$ (খ) $K_p \times K_c = 1$ (গ) $K_p = K_c^2$ (ঘ) $K_p^2 = Kc$

১৪। $PCl_5(g) = PCl_3(g) + Cl_2(g)$; এ বিক্রিয়ায় $K_p$ ও $K_c$ এর একক কী?

(ক) $atm^{-1}, mol^{-1} L$ (খ) atm, $molL^{-1}$ (গ) atm, Lmol, (ঘ) $atm^{-1}, mol^{-1}L^{-1}$

১৫। $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$; এ বিক্রিয়ায় $K_p$ ও $K_c$ এর একক কী?

(ক) atm, $molL^{-1}$ (খ) $atm^{-1}$, $mol^{-1}L$ (গ) $atm^2$, $molL^{-2}$ (ঘ) একক নেই

১৬। আমরা জানি, $K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n}$, কখন সাম্য ধ্রুবকের একক থাকে না?

(ক) $\Delta n = 0$ হলে, (খ) $\Delta n = 1$ হলে, (গ) $\Delta n = 2$ হলে, (ঘ) $\Delta n = -1$ হলে,

১৭। $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2H1(g)$ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়, $H_2$, $1_2$ ও HI এর ঘনমাত্রা 8, 3 এবং 28 $molL^{-1}$ $K_c$ এর মান কত?

(ক) 36 (খ) 32.67 (গ) 33.5 (ঘ) 34.3

১৮। 4.25 mol $H_2$ ও 4.75 mol $I_2$ মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে 6. 7mol HI উৎপন্ন হলে, $K_c$ এর মান কত হবে?

(ক) 35.63 (খ) 33.64 (গ) 37.61 (ঘ) 35.15

১৯। $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$; 25°C-এ বিক্রিয়ায় $N_2O_4$ ও $NO_2$ এর আংশিক চাপ যথাক্রমে 0.69 atm ও 0.31 atm হলে, $K_p$ এর মান কত?

(ক) 0.156 atm (খ) 0.139 atm (গ) 0.145 atm (ঘ) 0.126 atm

http://pdfcorner.com

২০। $N_2O_4$ (g) $\rightleftharpoons$ $2NO_2$ (g); এ বিক্রিয়ায় বিয়োজন পরিমাণ $\alpha$ হলে এবং মোট চাপ P হলে $K_p$ এর মান কোন্‌টি হবে?

(ক) $Kp = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P$ (খ) $Kp = \frac{\alpha^2 \times P}{1-\alpha^2}$ (গ) $Kp = \frac{\alpha^2 \times P}{1+\alpha^2}$ (ঘ) $Kp = \frac{2\alpha^2}{1-\alpha^2}$

**খ- MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। খ, ৩। ক, ৪। গ, ৫। গ, ৬। ক, ৭। গ, ৮। ক, ৯। ক, ১০। ক, ১১। গ, ১২। গ, ১৩। ক, ১৪। খ, ১৫। ঘ, ১৬। ক, ১৭। খ, ১৮। ক, ১৯। খ, ২০। ক।

## খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ) ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক

১। নিম্নোক্ত বিক্রিয়ায় চাপ বাড়ালে সাম্যাবস্থার কী পরিবর্তন হবে?

$N_2$ (g) + $3H_2$ (g) $\rightleftharpoons$ $2NH_3$ (g) $\Delta H = -92$ kJ

(i) পশ্চাৎ দিকে সরে যাবে; (ii) সম্মুখ দিকে সরে যাবে; (iii) কোনো পরিবর্তন হবে না।

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। নিচের বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থার কী পরিবর্তন ঘটবে?

$N_2$ (g) + $O_2$ (g) $\rightleftharpoons$ 2NO (g) $\Delta H = +168$ kJ

(i) NO-এর পরিমাণ বাড়বে; (ii) NO-এর পরিমাণ কমবে; (iii) NO-এর পরিমাণ ঠিক থাকবে।

সঠিক উত্তরটি হবে—

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i) ও (iii)

৩। নিচের বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যধ্রুবকের মানের কী পরিবর্তন ঘটবে?

$N_2$ (g) + $3H_2$ (g) $\rightleftharpoons$ $2NH_3$ (g) $\Delta H = -92$ kJ

(i) সাম্যধ্রুবকের মান বাড়বে (ii) সাম্যধ্রুবকের মান কমবে

(iii) সাম্যধ্রুবকের মান অপরিবর্তিত থাকবে।

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i) ও (iii)

৪। নিচের বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে $Cl_2$ এর পরিমাণের কী পরিবর্তন ঘটবে?

$PCl_5$ (g) $\rightleftharpoons$ $PCl_3$ (g) + $Cl_2$ (g) $\Delta H = +90$ kJ

(i) উৎপাদ $Cl_2$ এর পরিমাণ কমবে; (ii) উৎপাদ $Cl_2$ এর পরিমাণ বাড়বে;

(iii) উৎপাদ $Cl_2$ এর পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকবে।

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (ii) (খ) (i) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৫। নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ব্যবহৃত প্রভাবক লৌহ গুঁড়া সাম্যাবস্থার উপর কীরূপ প্রভাব সৃষ্টি করে?

$N_2$ (g) + $3H_2$ (g) $\rightleftharpoons$ $2NH_3$ (g) $\Delta H = -92$ kJ

http://pdfcorner.com

(i) সাম্যাবস্থা ডান দিকে সরে যায়, (ii) সাম্যাবস্থা বাম দিকে সরে যায়,
(iii) সাম্যাবস্থা অপরিবর্তিত থাকে।
কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে?
(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (i) ও (ii)

৬। নিচের বিক্রিয়ার সমীকরণগুলোকে বন্ধপাত্রে উভমুখী দেখানো আছে –
(i) $2HClO_3 \rightleftharpoons 2KCl + 3O_2$ (g), (ii) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI$ (g)
(iii) $CaCO_3$ (s) $\rightleftharpoons$ CaO (s) + $CO_2$ (g)
নিচের কোনটি সঠিক –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৭। নিচের পরিবর্তনগুলো লক্ষ কর –
(i) $CuSO_4 . 5H_2O$ (s) $\rightleftharpoons$ $CuSO_4$ (s) + $5H_2O$ (g) [আবদ্ধ পাত্রে]
(ii) $Na_2SO_4$ (aq) + Ba $(NO_3)_2$ (aq) $\rightleftharpoons$ $BaSO_4$ (s) + $2NaNO_3$ (aq)
(iii) $CH_3COOC_2H_5$ (l) + $H_2O$ (l) $\rightleftharpoons$ $C_2H_5OH$ (aq) + $CH_3COOH$ (aq)
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৮। রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কের 'সক্রিয়ভর' দ্বারা কী বোঝানো হয়?
(i) মোলার ঘনমাত্রা (ii) মোলার আয়তন (iii) আংশিক চাপ
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৯। $N_2O_4$ (g) $\rightleftharpoons$ $2NO_2$ (g), $\Delta H = +57kJ$; এ বিক্রিয়া জন্য প্রযোজ্য তথ্য হল –
(i) তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সাম্যাবস্থা ডানদিকে থাকে, (ii) চাপ বৃদ্ধিতে সাম্যাবস্থা বামদিকে থাকে,
(iii) সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রার প্রভাব নেই।
কোনটি সঠিক হবে–
(ক) (i), (ii), ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

১০। উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করার শর্ত হল –
(i) একটি উৎপাদ অধঃক্ষিপ্ত হলে, (ii) গ্যাসীয় উৎপাদ বিক্রিয়াস্থল ত্যাগ করলে,
(iii) বিক্রিয়া স্থল থেকে কোন উৎপাদকে রাসায়নিকভাবে সরিয়ে নিলে।
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

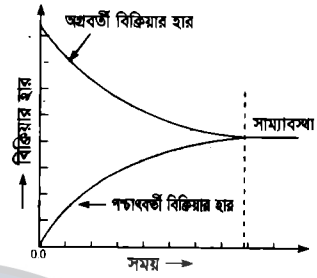
**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (খ) ২। (ক) ৩। (খ) ৪। (ক) (৫) (খ) ৬। (গ) ৭। (খ) (৮) (গ) ৯।(খ) ১০। (ক)।



http://pdfcorner.com

**খ– ৩ MCQ : অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ**

১। নিচের সাম্যাবস্থার চিত্রটি লক্ষ কর এবং (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।




(১) সাম্যাবস্থায় নিচের কোনটি সঠিক –

(ক) সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার বেগ বেশি থাকে

(খ) পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার বেগ বেশি থাকে

(গ) পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার বেগ কম থাকে

(ঘ) সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার বেগ সমান থাকে

(২) সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে –

(i) সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে (ii) সাম্যধ্রুবকের মানের কোন পরিবর্তন ঘটে না,

(iii) সাম্যাবস্থা ডানদিকে সরে যায়,

কোনটি সঠিক হবে –

(ক) (i), (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

২। V L বন্ধ পাত্রে $N_2O_4$ এর 1 mol থেকে $\alpha$ মোল বিযোজিত হয়ে সাম্যাবস্থায় আছে। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ P। $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$। এ তথ্য থেকে (১) ও (২) প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) সাম্যাবস্থায় $NO_2$ এর আংশিক চাপ হবে নিচের কোন্‌টি?

(ক) $\frac{2\alpha \times p}{(1-\alpha)}$ (খ) $\frac{2\alpha \times P}{(1+\alpha)}$ (গ) $\frac{\alpha \times P}{(1+\alpha)}$ (ঘ) $\frac{\alpha \times P}{(1-\alpha)}$

(২) বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য তথ্যসমূহ হল নিম্নরূপ ঃ

(i) $K_c = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha) \times V}$ (ii) $Kp = \frac{4\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$ (iii) $P_{N_2O_4} = \frac{(1-\alpha) \times P}{(1+\alpha)}$

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৩। নিচের উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি লক্ষ করে (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

$$A_2\,(g) + B_2\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2AB\,(g) \quad \Delta H = +x\,kJ$$

(১) উদ্দীপকের বিক্রিয়াটিতে চাপের প্রভাব কীরূপ হবে –

(ক) চাপ বাড়ালে উৎপাদ বাড়ে (খ) চাপ কমালে উৎপাদ বাড়ে,

(গ) চাপের প্রভাব নেই, (ঘ) Kp বাড়বে।

(২) তাপমাত্রা বাড়ালে উদ্দীপকের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থার কী হবে –

(i) সাম্যাবস্থা ঠিক থাকে, (ii) সাম্যধ্রুবকের মান বাড়বে, (iii) সাম্যাবস্থা ডানদিকে সরে যাবে,

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ– ৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ঘ, (২) গ; ২। (১) খ, (২) গ; ৩। (১) গ, (২) ঘ।

http://pdfcorner.com

# ১০ অম্ল-ক্ষারক সাম্যাবস্থা
# ACID-BASE EQUILIBRIUM

**বিষয়বস্তু ঃ**

- **অম্ল ও ক্ষারক ঃ** অ্যারহেনিয়াস মতবাদ; ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ; অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক;
- পানির আয়নিক গুণফল;
- অম্ল-ক্ষারক ও বাফার দ্রবণের pH;
- অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশন নির্দেশক;
- **বাফার দ্রবণ ঃ** শিল্পক্ষেত্রে, জৈবিক পদ্ধতিতে ও বিশ্লেষণিক রসায়নে এর গুরুত্ব।

## ১০.১। ভূমিকা
### Introduction

নবম অধ্যায়ে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা থেকে জানা যায়, অধিকাংশ রাসায়নিক বিক্রিয়া কখনও শেষ হয় না। এ সব ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়া এমন এক অবস্থায় পৌঁছে, যে অবস্থায় বিক্রিয়া মিশ্রণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ নির্দিষ্ট পরিমাণে থেকে একটি সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। উল্লেখ্য, এসব সাম্যাবস্থায় সংশ্লিষ্ট পদার্থগুলো যে কোন ভৌত অবস্থা যেমন কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় থাকতে পারে। এ সব ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট পদার্থগুলো আণবিক অবস্থায় এবং কোন কোন ক্ষেত্রে আয়নিক অবস্থায়ও বিরাজ করে। আবার অম্ল ও ক্ষারকের ক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে এরা কম বেশি আয়নিত অবস্থায় থাকে; তবে এ আয়নীকরণ কখনও সম্পূর্ণভাবে একমুখী হয় না। আবার অম্ল ও ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়াটিও প্রকৃতপক্ষে নির্দিষ্ট অবস্থার পর উভমুখী বিক্রিয়ায় পরিণত হয়। **যে অবস্থায় অম্ল–ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়ার সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী প্রক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয়, তাকে অম্ল–ক্ষারকের সাম্যাবস্থা বলা হয়। অম্ল–ক্ষারক সাম্যাবস্থা হল একটি আয়নিক সাম্যাবস্থা।**

এ অধ্যায়ে অম্ল–ক্ষারকের বিভিন্ন মতবাদ এবং অম্ল –ক্ষারক সম্পর্কীয় বিষয়াদি আলোচনা করা হল।

## ১০.২। অম্ল ও ক্ষারকের পুরাতন মতবাদ
### Classical Concept of Acid and Base

রাসায়নিক পদার্থসমূহের মধ্যে অম্ল ও ক্ষারক একটি বিশেষ স্থান দখল করে আছে। অবশ্য অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কে বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন ধরনের সংজ্ঞা প্রদান করেছেন। ফলে একটি যৌগ একটি সংজ্ঞা মতে অম্ল বা ক্ষারক হলেও অন্য সংজ্ঞা মতে তা নাও হতে পারে। এ অধ্যায়ে এ সম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ সংক্ষেপে আলোচিত হয়েছে।

পুরাতন সংজ্ঞা মতে, **অম্ল হচ্ছে এমন একটি হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগ যার হাইড্রোজেন পরমাণুসমূহ সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে ধাতব পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন করা যায় এবং ক্ষারক হচ্ছে ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডসমূহ, যারা অম্লের সাথে বিক্রিয়া করে পানি ও লবণ উৎপন্ন করে।** যেমন, **HCl, $HNO_3$ হল অম্ল এবং CaO, NaOH হল ক্ষারক।** অম্ল ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{অম্ল}}{HCl(aq)} + \underset{\text{ক্ষারক}}{NaOH(aq)} \longrightarrow \underset{\text{লবণ}}{NaCl(aq)} + \underset{\text{পানি}}{H_2O(l)}$$

অম্ল ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি গঠন হল একটি প্রশমন বিক্রিয়া। অন্যান্য রাসায়নিক বিক্রিয়ার মত অম্ল ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়ার বেলায়ও একটি সাম্যাবস্থা বিরাজ করে। যখন অম্ল-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়ায় সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার সমান হয়, তখন তাকে **অম্ল-ক্ষারক সাম্যাবস্থা** বলা হয়। অম্ল-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়া একটি আয়নিক বিক্রিয়া এবং দ্রবণে ঘটে। অপরদিকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ কঠিন, তরল ও গ্যাসরূপে আণবিক অবস্থায় থাকে।

**অম্ল-ক্ষারক শনাক্তকরণ ঃ** জলীয় দ্রবণে অম্ল বা ক্ষারক শনাক্তকরণ নিম্নোক্ত পরীক্ষা দ্বারা করা হয় ঃ

(i) **যদি কোন যৌগ এর জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাসকে নীল করে, তবে এটি ক্ষারক**

(ii) **নীল লিটমাসকে লাল করলে সে যৌগটি হল একটি অম্ল।**

(iii) **উভয় লিটমাসে কোন পরিবর্তন না হলে এটি হল নিরপেক্ষ যৌগ।**

প্রশমন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ ও পানি হল নিরপেক্ষ যৌগ। সাধারণভাবে এসিড–ক্ষারকের উপরিউক্ত সংজ্ঞা এবং লিটমাসের পরীক্ষা এখনও ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

http://pdfcorner.com

## ১০.৩। অম্ল-ক্ষারকের আধুনিক মতবাদ

**Modern Concept of Acid and Base**

অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কে কয়েকটি আধুনিক মতবাদ রয়েছে। যেমন– (১) অ্যারহেনিয়াসের আয়নিক মতবাদ, (২) ব্রনস্টেড লাউরির প্রোটনীয় মতবাদ, (৩) লুইসের অম্ল ক্ষারকের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ইত্যাদি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। তবে সিলেবাস অনুসারে এ অধ্যায়ে প্রথম দুটি সম্বন্ধে সংক্ষেপে যথাযথ এবং লুইসের ইলেকট্রনীয় মতবাদ সংক্ষেপে আলোচনা করা হয়েছে।

### ১০.৩.১। অম্ল-ক্ষারকের অ্যারহেনিয়াস মতবাদ

**Arrhenius Concept of Acid and Base**

অ্যারহেনিয়াস মতবাদ অনুসারে,

(১) **অম্ল হচ্ছে সে সব হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগ, যারা জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) দান করে।**

(২) **ক্ষারক হচ্ছে** সে সব যৌগ যারা জলীয় দ্রবণে **হাইড্রক্সিল ($OH^-$) আয়ন দান করে।** সুতরাং পানিতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার কারণে HCl একটি অম্ল এবং NaOH একটি ক্ষারক ঃ

$$HCl(g) + aq \longrightarrow \boxed{H^+(aq)} + Cl^-(aq)$$ এখানে aq হল পানি।

$$NaOH(s) + aq \longrightarrow Na^+(aq) + \boxed{OH^-(aq)}$$

এ মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়ায় প্রকৃতপক্ষে $H^+$ এবং $OH^-$ আয়নদ্বয়ের সংযোগে নিরপেক্ষ বস্তু পানি সৃষ্টি হয় ঃ

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(\ell)$$

যেমন, $$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow (H^+(aq) + Cl^-(aq)) + (Na^+(aq) + OH^-(aq))$$

$$[H^+(aq) + OH^-(aq)] + [Na^+(aq) + Cl^-(aq)] \longrightarrow H_2O(\ell) + [Na^+(aq) + Cl^-(aq)]$$

**এ মতবাদের সাফল্য ঃ**

(১) জলীয় দ্রবণে অম্ল ও ক্ষারকের বিভিন্ন বিক্রিয়া ও ধর্ম ব্যাখ্যায় অ্যারহেনিয়াস মতবাদ খুবই কার্যকরী।

(২) যে কোন শক্তিশালী অম্লের সাথে যে কোন ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়ায় প্রতি মোল পানি উৎপন্ন হতে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তা নির্দিষ্ট মান যেমন $-57.34\ kJmol^{-1}$ হওয়ার কারণ এ মতবাদ সহজেই ব্যাখ্যা করে। কেননা, সব ক্ষেত্রেই প্রকৃতপক্ষে একই বিক্রিয়া হয় অর্থাৎ $H^+$ এবং $OH^-$ এর সংযোগে পানি উৎপন্ন হয়।

(৩) কোন জলীয় দ্রবণ অম্লীয় বা ক্ষারীয় হওয়ার কারণ এ মতবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়।

**সীমাবদ্ধতা ঃ** অ্যারহেনিয়াসের মতবাদ **জলীয় দ্রবণে খুবই কার্যকরী হলেও তা অজলীয় দ্রাবকে কার্যকরী নয়।** অর্থাৎ পানির অনুপস্থিতিতে এ মতবাদ অম্ল-ক্ষারকের ধর্মকে ব্যাখ্যা করতে পারে না।

(২) $CuSO_4$ ও $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী এবং $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়;– এর ব্যাখ্যা প্রদানে অ্যারহেনিয়াস মতবাদ অক্ষম।

### ১০.৩.২। ব্রনস্টেড–লাউরি মতবাদ বা প্রোটনীয় মতবাদ

**Bronsted-Lowry Concept or Protonic Concept**

অ্যারহেনিয়াস মতবাদের পরিবর্ধিত রূপ হচ্ছে ব্রনস্টেড–লাউরির প্রোটনীয় মতবাদ। এ প্রোটনীয় মতবাদ সরাসরি অম্ল ক্ষারক সাম্যাবস্থা ব্যাখ্যা করে। ১৯২৩ খ্রিস্টাব্দে ব্রনস্টেড ও লাউরি পৃথকভাবে এ মতবাদ প্রকাশ করেন; তাই এটি ব্রনস্টেড লাউরি মতবাদ হিসেবেও পরিচিত। **ব্রনস্টেড লাউরির প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে,**

**অম্ল হল এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থকে প্রোটন দান করতে পারে।**

**ক্ষারক হল এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অম্ল হতে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে।**

অর্থাৎ সংক্ষেপে অম্ল হল প্রোটন দাতা এবং ক্ষারক হল প্রোটন গ্রহীতা। এরা আধান-বিহীন যৌগ অথবা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট আয়ন হতে পারে।

http://pdfcorner.com

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) ও বাইসালফেট ($HSO_4^-$) আয়ন যথাক্রমে যৌগ এবং অ্যানায়ন হলেও নিম্নোক্ত বিক্রিয়াসমূহের কারণে অর্থাৎ এদের প্রত্যেকটি ক্ষারককে প্রোটন দান করার কারণে প্রত্যেকেই এক একটি অম্ল। যেমন,

$$\underset{\text{অম্ল}}{HCl} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{হাইড্রোনিয়াম আয়ন}}{H_3O^+} + \underset{\text{ক্লোরাইড আয়ন}}{Cl^-}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{HSO_4^-} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{হাইড্রোনিয়াম আয়ন}}{H_3O^+} + \underset{\text{সালফেট আয়ন}}{SO_4^{2-}}$$

উপরের দুটি বিক্রিয়ায় HCl ও বাইসালফেট আয়ন ($HSO_4^-$) প্রত্যেকেই অম্ল; কারণ প্রত্যেকেই প্রোটন ($H^+$) দান করেছে এবং সেই প্রোটন ($H^+$) কে পানি ($H_2O$) গ্রহণ করেছে। তাই পানি ($H_2O$) এক্ষেত্রে ক্ষারক।

অনুরূপভাবে, $NH_3$, $OH^-$ আয়ন যথাক্রমে চার্জবিহীন যৌগ ও অ্যানায়ন হলেও নিম্নোক্ত বিক্রিয়াসমূহের কারণে অর্থাৎ প্রোটন গ্রহণ করায় এরা প্রত্যেকে এক একটি ক্ষারক এবং প্রতি ক্ষেত্রে HCl হল অম্ল। যেমন,

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{NH_3} + \underset{\text{অম্ল}}{HCl} \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{OH^-} + \underset{\text{অম্ল}}{HCl} \longrightarrow H_2O + Cl^-$$

**(ক) অম্ল-ক্ষারকের অ্যারহেনিয়াস মতবাদ ও প্রোটনীয় মতবাদের বৈশিষ্ট্যমূলক পার্থক্য ঃ**

(১) অ্যারহেনিয়াস মতবাদ অনুসারে অম্ল জলীয় দ্রবণে $H^+$ আয়ন দেয়। প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারেও অম্ল প্রোটন দাতা বা $H^+$ আয়ন দেয়। তাই অ্যারহেনিয়াস মতবাদ অনুযায়ী যে সব পদার্থকে অম্ল বলা হয়; ব্রনস্টেডের প্রোটনীয় মতবাদ অনুযায়ীও সেগুলো অম্ল (যেমন HCl)।

(২) ব্রনস্টেড মতবাদ অনুযায়ী প্রোটন গ্রহীতা হল ক্ষারক; কিন্তু অ্যারহেনিয়াস মতবাদে $OH^-$ আয়ন দাতা হল ক্ষারক। তাই ব্রনস্টেডের মতবাদ অনুযায়ী অনেক পদার্থ ক্ষারক হিসেবে চিহ্নিত হলেও অ্যারহেনিয়াস মতবাদ অনুযায়ী সেগুলো ক্ষারক নয়; যেমন $NH_3$, $H_2O$ প্রভৃতি।

(৩) অ্যারহেনিয়াস মতবাদে দ্রাবক হিসেবে পানির ভূমিকা অপরিহার্য; কিন্তু ব্রনস্টেড মতবাদে কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকের উল্লেখ নেই।

## ১০.৩.৩। অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক
### Conjugate Acid and Conjugate Base

ব্রনস্টেড–লাউরির মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের মধ্যে মূল সম্পর্ক হল একটি প্রোটন ($H^+$) আদান–প্রদান। তাই এ মতবাদকে প্রোটন স্থানান্তর মতবাদ (Proton transfer theory)-ও বলা হয়। সুতরাং অম্ল ও ক্ষারকের সম্পর্ককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\text{অম্ল} \underset{+H^+}{\overset{-H^+}{\rightleftharpoons}} \text{ক্ষারক}$$

বা,
$$\underset{\text{অম্ল}}{HB} \rightleftharpoons \underset{\text{প্রোটন}}{H^+} + \underset{\text{ক্ষারক}}{B^-}$$

উপরিউক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী HB একটি অম্ল; কেননা, এটি প্রোটন দান করে। অপরদিকে বিপরীত বিক্রিয়া অনুযায়ী $B^-$ একটি ক্ষারক; কেননা, এটি প্রোটন গ্রহণ করে HB-তে রূপান্তরিত হয়। HB ও $B^-$ পদার্থ দুটির মধ্যে পার্থক্য হচ্ছে একটি প্রোটনের। এ ধরনের ক্ষেত্রে HB হল ক্ষারক $B^-$-এর অনুবন্ধী অম্ল এবং $B^-$ হল HB অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক। সুতরাং অনুবন্ধী ক্ষারক ও অনুবন্ধী অম্লের সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ

**(ক) অনুবন্ধী ক্ষারক ঃ কোন অম্ল থেকে একটি প্রোটন অপসারণের ফলে যে ক্ষারক সৃষ্টি হয়, তাকে সে অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক বলা হয়।** উদাহরণস্বরূপ $H_2SO_4$-এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে বাইসালফেট আয়ন ($HSO_4^-$)। আবার $HNO_3$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে নাইট্রেট আয়ন ($NO_3^-$)

$$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow \boxed{\underset{\text{অনুবন্ধী-ক্ষারক}}{HSO_4^-}} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_3O^+}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{HNO_3} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow \boxed{\underset{\text{অনুবন্ধী-ক্ষারক}}{NO_3^-}} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_3O^+}$$

আবার, $HSO_4^-$ ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল হচ্ছে $H_2SO_4$ এবং $NO_3^-$ ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল হচ্ছে $HNO_3$।

http://pdfcorner.com

**(খ) অনুবন্ধী অম্ল ঃ কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যে অম্লের সৃষ্টি হয়, তাকে সে ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল বলা হয়।** উদাহরণস্বরূপ ক্ষারক $H_2O$-এর অনুবন্ধী অম্ল হচ্ছে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ($H_3O^+$)। অপরদিকে $H_3O^+$ অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক $H_2O$।

$$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow HSO_4^- + \boxed{\underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_3O^+}}$$

**(গ) অনুবন্ধী অম্ল–ক্ষারক যুগল ঃ** কোন পদার্থ সরাসরি প্রোটন ত্যাগ করে না; তা গ্রহণের জন্য অন্য পদার্থের প্রয়োজন। সুতরাং অম্ল-ক্ষারক বিক্রিয়াসমূহ প্রকৃতপক্ষে নিম্নরূপ ঃ

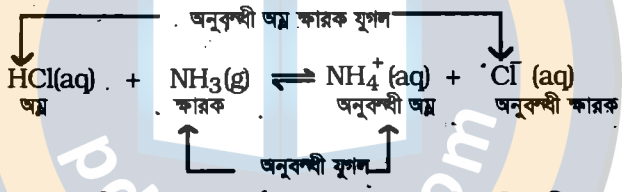
$$\text{অম্ল}_১ + \text{ক্ষারক}_২ \rightleftharpoons \text{অম্ল}_২ + \text{ক্ষারক}_১$$

এখানে অম্ল$_২$–এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে ক্ষারক$_২$ এবং অম্ল$_১$-এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে ক্ষারক$_১$।

উদাহরণস্বরূপ,

| অম্ল$_১$ | + | ক্ষারক$_২$ | $\rightleftharpoons$ | অম্ল$_২$ | + | ক্ষারক$_১$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $HCl$ | + | $NH_3$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | + | $Cl^-$ |
| $H_3O^+$ | + | $OH^-$ | $\rightleftharpoons$ | $H_2O$ | + | $H_2O$ |
| $HNO_3$ | + | $OH^-$ | $\rightleftharpoons$ | $H_2O$ | + | $NO_3^-$ |

সুতরাং প্রতিটি অম্ল প্রোটন দান করে ক্ষারকে পরিণত হচ্ছে। আবার প্রতিটি ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে অপর একটি অম্লে পরিণত হচ্ছে। সুতরাং দ্রবণে দুটি করে অম্ল ও ক্ষারক সাম্যাবস্থায় বর্তমান থাকে। তাদেরকে পরস্পরের **অনুবন্ধী অম্ল–ক্ষারক যুগল** বা **অনুবন্ধী যুগল** বলা হয়। যেমন,




**(ঘ) অনুবন্ধী অম্ল–ক্ষারকের শক্তিমাত্রার সম্পর্ক ঃ** যে অম্ল যত বেশি শক্তিশালী, তার অনুবন্ধী ক্ষারক তত বেশি দুর্বল। আবার যে ক্ষারক যত বেশি শক্তিশালী, তার অনুবন্ধী অম্ল তত বেশি দুর্বল। এটি নিম্নোক্ত উভমুখী বিক্রিয়া থেকে স্পষ্ট হবে ঃ

$$\underset{\text{অম্ল}}{HB} \rightleftharpoons \underset{\text{প্রোটন}}{H^+} + \underset{\text{ক্ষারক}}{B^-}$$

যদি HB একটি শক্তিশালী অম্ল হয়, তবে উপরিউক্ত বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় ডান দিকে অবস্থান করবে। সুতরাং বিপরীত বিক্রিয়াটি অর্থাৎ ক্ষারক $B^-$-এর সাথে প্রোটন সংযোগের মাত্রা কম হবে; অর্থাৎ অনুবন্ধী ক্ষারক $B^-$ দুর্বল হবে। অপরদিকে ক্ষারকটি শক্তিশালী হলে বিক্রিয়াটি বাম দিকে অবস্থান করবে অর্থাৎ অম্লটি কম মাত্রায় বিয়োজিত হবে; অন্য কথায় অম্লটি দুর্বল প্রকৃতির হবে।

অম্ল কর্তৃক প্রদত্ত প্রোটন গ্রহণের জন্য ক্ষারক প্রয়োজন বলে যে কোন অম্ল বা ক্ষারকের শক্তি এর সাথে বিক্রিয়াকারী যথাক্রমে ক্ষারক ও অম্লের উপর নির্ভর করে। যেমন– পানির সংস্পর্শে অ্যাসিটিক এসিড একটি দুর্বল অম্ল। অপরদিকে তরল অ্যামোনিয়া মাধ্যমে এটি একটি শক্তিশালী অম্ল। এক্ষেত্রে পানি ও তরল অ্যামোনিয়া দুটি ভিন্ন ক্ষারকের প্রভাব পৃথকভাবে কাজ করে। আবার অধিক শক্তিশালী অম্ল $H_2SO_4$-এর উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক এসিড ($CH_3COOH$) এমনকি ক্ষারক হিসেবে কাজ করে ঃ

$$\underset{\text{অম্ল}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{CH_3COO^-} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_3O^+}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ক্ষারক}}{NH_3} \rightleftharpoons \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{CH_3COO^-} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{NH_4^+}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষারক}}{CH_3COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{HSO_4^-} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{CH_3COOH_2^+}$$

http://pdfcorner.com

অনুরূপভাবে,

$$\underset{\text{অম্ল}}{HClO_4} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2SO_4} \rightleftharpoons \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{ClO_4^-} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_3SO_4^+}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{HF} + \underset{\text{ক্ষারক}}{HNO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{F^-} + \underset{\text{অনুবন্ধী অম্ল}}{H_2NO_3^+}$$

উপরিউক্ত উদাহরণ থেকে এটি স্পষ্ট যে, প্রোটনীয় মতবাদ অনুযায়ী কোন পদার্থকেই সরাসরি অম্ল বা ক্ষারক হিসেবে চিহ্নিত করা যায় না। **ক্ষারক বা অপর বিক্রিয়কের উপরই কোন পদার্থের অম্লত্ব বা ক্ষারকত্ব এবং এর শক্তি নির্ভর করে।**

## ১০.৩.৪ অম্ল ও ক্ষারকের লুইস মতবাদ

**Lewis Concept of Acid and Base**

১৯২৩ খ্রিস্টাব্দে জি. এন. লুইস অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কীয় ইলেকট্রনীয় মতবাদ উপস্থাপন করেন, যা লুইস মতবাদ নামে পরিচিত। অম্ল ক্ষারকের লুইস মতবাদ হল নিম্নরূপ ঃ

**অম্ল ঃ অম্ল বা এসিড হল একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থ হতে ইলেকট্রন যুগল গ্রহণ করতে পারে।**

**ক্ষারক ঃ ক্ষারক হল একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থকে ইলেকট্রন যুগল দান করতে পারে।**

অর্থাৎ সংক্ষেপে অম্ল হল ইলেকট্রন যুগল গ্রহীতা এবং ক্ষারক হল ইলেকট্রন যুগল দাতা।

**উদাহরণস্বরূপ ঃ** হাইড্রোজেন আয়ন ($(H^+)$) ও সিলভার আয়ন ($Ag^+$) প্রত্যেকেই এক একটি লুইস এসিড, কারণ এরা প্রত্যেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুগল গ্রহণ করতে পারে। অপরদিকে অ্যামোনিয়া অণু ($:NH_3$) হল একটি লুইস ক্ষারক, কারণ এটি $H^+$ আয়ন ও $Ag^+$ আয়নকে ইলেকট্রন-যুগল দান করে যথাক্রমে অ্যামোনিয়াম আয়ন ($NH_4^+$) ও ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) নামক জটিল আয়ন গঠন করে।

$$H^+ + :NH_3 \longrightarrow NH_4^+ \quad \text{বা,} \quad [H \leftarrow NH_3]$$

$$Ag^+ + 2\ddot{N}H_3 \longrightarrow [H_3N \rightarrow Ag \leftarrow NH_3]$$

এক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) অণুস্থিত N-পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল $H^+$ আয়ন ও $Ag^+$ আয়নকে দান করে প্রতিক্ষেত্রে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে $NH_4^+$ আয়ন ও ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন $[Ag(NH_3)_2]^+$ উৎপন্ন করেছে।

## ১০.৪. অম্ল ও ক্ষারকের শ্রেণীবিভাগ

**Classification of acids and bases**

প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে গঠনভিত্তিক অম্লসমূহ নিম্নোক্ত তিন শ্রেণীভুক্ত হতে পারে। যেমন,

**(১) আণবিক শ্রেণীর অম্ল ঃ** HCl, HBr, HI, $HNO_3$, $HClO_3$, $HClO_4$, $H_2SO_4$, $H_2S$, $H_2CO_3$, $H_2O$, $H_3PO_4$, $CH_3COOH$ ইত্যাদি।

**(২) অ্যানায়নিক শ্রেণীর অম্ল ঃ** $HSO_4^-$, $HCO_3^-$, $HPO_4^{2-}$, $HS^-$ ইত্যাদি।

**(৩) ক্যাটায়নিক শ্রেণীর অম্ল ঃ** $H_3O^+$, $NH_4^+$, $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, $CH_3COOH_2^+$ (প্রোটনেটেড ইথানোয়িক এসিড)

অপরদিকে ক্ষারকসমূহ নিম্নোক্ত তিন শ্রেণীভুক্ত হতে পারে। যেমন,

**(১) আণবিক শ্রেণীর ক্ষারক ঃ** $NH_3$, $NH_2OH$, $NH_2-NH_2$, $CH_3-NH_2$, $H_2O$, $CH_3COOH$

**(২) অ্যানায়নিক শ্রেণীর ক্ষারক ঃ** $OH^-$, $S^{2-}$, $CO_3^{2-}$, $Cl^-$, $Br^-$, $NO_3^-$ ইত্যাদি।

**(৩) ক্যাটায়নিক শ্রেণীর ক্ষারক ঃ** $[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(OH)_2(H_2O)_4]^+$, $[Cu(OH)(H_2O)_3]^+$

**অম্ল ও ক্ষারকের প্রোটন প্রদান ও গ্রহণ ভিত্তিক প্রকারভেদ ঃ** বর্তমানে অম্ল ও ক্ষারক কর্তৃক প্রোটন প্রদান ও গ্রহণ করার ক্ষমতা অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকসমূহকে মনোপ্রোটিক (monoprotic) ও পলিপ্রোটিক (polyprotic)

http://pdfcorner.com

এ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। মনোপ্রোটিক অম্ল বিক্রিয়াকালে অণু প্রতি একটি মাত্র প্রোটন দান করে; যেমন, HCl, $HNO_3$ ইত্যাদি। পলিপ্রোটিক অম্ল বিক্রিয়াকালে অণুপ্রতি একের অধিক প্রোটন দান করে থাকে; যেমন, $H_2SO_4$, $H_3PO_4$।

$HCl + H_2O \longrightarrow H^+.H_2O + Cl^-$ [ মনোপ্রোটিক অম্ল]

$H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow 2H^+.H_2O + SO_4^{2-}$ [ পলিপ্রোটিক (ডাইপ্রোটিক ) অম্ল]

$NH_3 + H^+.H_2O \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$ [ মনোপ্রোটিক বা এক অম্লীয় ক্ষারক]

$CO_3^{2-} + 2H^+.H_2O \longrightarrow H_2CO_3 + 2H_2O$ [ পলিপ্রোটিক (ডাইপ্রোটিক) ক্ষারক]

অনুরূপভাবে মনোপ্রোটিক ক্ষারক বিক্রিয়াকালে অণু প্রতি একটি মাত্র প্রোটন গ্রহণ করে: যেমন, NaOH, KOH, $NH_3$ ইত্যাদি। অপরদিকে পলিপ্রোটিক ক্ষারক বিক্রিয়াকারে অণু প্রতি একের অধিক প্রোটন গ্রহণ করে; যেমন, CaO হল ডাইপ্রোটিক বা দ্বিঅম্লীয় ক্ষারক; $CO_3^{2-}$ হল ডাইপ্রোটিক ক্ষারক।

আবার $Fe(OH)_3$ হল ট্রাইপ্রোটিক বা ত্রিঅম্লীয় ক্ষারক। তাই এক মোল $Fe(OH)_3$ তিন মোল HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে। তাই $Fe(OH)_3$ এর অম্লত্ব হল 3।

$$\underset{1\ mole}{Fe(OH)_3(s)} + \underset{3\ mole}{3HCl\ (aq)} \rightarrow FeCl_3\ (aq) + 3H_2O\ (l)$$

অনুরূপভাবে, $Fe_2O_3$এর এক মোলের সাথে ছয় মোল HCl বিক্রিয়া করে। তাই $Fe_2O_3$এর অম্লত্ব হল 6। যেমন,

$$Fe_2O_3\ (s) + 6\ HCl\ (aq) \rightarrow 2FeCl_3\ (aq) + 3\ H_2O\ (l)$$

**(ছ) অজলীয় দ্রবণে অম্ল ও ক্ষারক ঃ** (১) প্রোটোজেনিক যৌগ **(Protogenic) ঃ** এ সব যৌগ অজলীয় দ্রবণেও প্রোটন দাতা; যেমন HF, $H_2SO_4$, $CH_3COOH$. যেমন,

দ্রাবকরূপে নাইট্রিক এসিডে HF যোগ করলে, $HNO_3$ দুর্বল ক্ষারক রূপে প্রোটন গ্রহণ করে এবং HF প্রোটন দান করে। এক্ষেত্রে দ্রাবকের প্রভাবের ফলে $HNO_3$ ক্ষারক রূপে ক্রিয়া করে।

$$HNO_3 + HF \rightleftharpoons H_2NO_3^+ + F^-$$

আবার অ্যাসিটিক এসিডে $HNO_3$ দুর্বল এসিড রূপে ক্রিয়া করে প্রোটন দান করে এবং অ্যাসিটিক এসিড তা ক্ষারক রূপে গ্রহণ করে। $HNO_3 + CH_3COOH \rightleftharpoons NO_3^- + CH_3COOH_2^+$

(২) প্রোটোফিলিক যৌগ **(Protophilic) ঃ** এ সব যৌগ অজলীয় দ্রবণে প্রোটন গ্রহণ প্রবণতা দেখায়; যেমন

$NH_3$, $NH_2OH$, $NH_2–NH_2$, $CH_3NH_2$.

## ১০.৪.১ উভধর্মী যৌগ বা আয়নসমূহ
**Amphoteric Substanes or Ions**

প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে যে সব অণু বা আয়ন অবস্থাভেদে প্রোটন দাতা ও প্রোটন গ্রহীতা উভয় প্রকার আচরণ করে, অর্থাৎ অবস্থাদেদে অম্ল ও ক্ষারক উভয় রূপে ক্রিয়া করে তাদেরকে **উভধর্মী যৌগ বা অ্যাম্ফোটেরিক** (amphoteric) বা **অ্যাম্ফিপ্রোটিক** (amphiprotic) পদার্থ বলা হয়। এসব পদার্থের মধ্যে $H_2O$, $HCO_3^-$, $HSO_4^-$ উল্লেখযোগ্য।

**পানি বা $H_2O$ উভয়ধর্মী যৌগ ঃ** পানি ($H_2O$) অ্যামোনিয়াকে প্রোটন দান করে অম্লরূপে এবং HCl থেকে প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করে। তাই $H_2O$ একটি উভধর্মী বা অ্যাম্ফিপ্রোটিক পদার্থ।

$H_2O$ প্রোটন দাতা ঃ $\underset{\text{ক্ষারক}}{NH_3} + \underset{\text{অম্ল}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{অ্যামোনিয়াম আয়ন}}{NH_4^+} + OH^-$

$H_2O$ প্রোটন গ্রহীতা ঃ $\underset{\text{অম্ল}}{HCl} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{হাইড্রোনিয়াম আয়ন}}{H_3O^+} + Cl^-$

অনুরূপভাবে, $\underset{\text{অম্ল}}{HCO_3^-} + \underset{\text{ক্ষারক}}{OH^-} \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_2O$, $\underset{\text{ক্ষারক}}{HCO_3^-} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{অম্ল}}{H_2CO_3} + OH^-$

http://pdfcorner.com

## ১০.৪.২ ঃ এসিডের ক্ষারকত্ব ও ক্ষারকের অম্লত্ব ঃ

**(Basicity of an acid, Acidity of a base)**

**এসিডের ক্ষারকত্ব ঃ** এক মোল কোন এসিড দ্বারা কত মোল এক অম্লীয় ক্ষারক বা মনোপ্রোটিক ক্ষারক (যেমন NaOH) পূর্ণ প্রশমিত হয়, ক্ষারকের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ এসিডের ক্ষারকত্ব বলে।

যেমন, এক মোল HCl এসিড দ্বারা এক মোল NaOH পূর্ণ প্রশমিত হয়। তাই HCl এর ক্ষারকত্ব হল 1.0।

অনুরূপভাবে, $H_2SO_4$ এর ক্ষারকত্ব হল 2, $H_3PO_4$ এর ক্ষারকত্ব হল 3। কিন্তু $H_3PO_3$ এর ক্ষারকত্ব হল 2। কারণ $H_3PO_3$ অণুতে দুটি H-পরমাণু O–H মূলকরূপে যুক্ত আছে

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \longrightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

$$H_2SO_4\ (aq) + 2NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2SO_4\ (aq) + 2H_2O\ (l)$$

এসিডের মত অম্লধর্মী অক্সাইডের ক্ষারকত্ব রয়েছে। যেমন, $CO_2$ এর ক্ষারকত্ব হল 2 এবং $P_2O_5$ এর ক্ষারকত্ব হল 6।

$$CO_2\ (g) + 2NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2CO_3\ (aq) + H_2O\ (l)$$

$$P_2O_5\ (s) + 6NaOH\ (aq) \longrightarrow 2Na_3PO_4\ (aq) + 3H_2O(1)$$

**ক্ষারকের অম্লত্ব ঃ** এক মোল কোন ক্ষারক দ্বারা কত মোল এক ক্ষারকীয় এসিড বা মনোপ্রোটিক এসিড যেমন HCl পূর্ণ প্রশমিত হয়, এসিডের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ ক্ষারকের অম্লত্ব বলে।

যেমন, এক মোল NaOH দ্বারা এক মোল HCl এসিড পূর্ণ প্রশমিত হয়। তাই NaOH এর অম্লত্ব হল 1.0। অনুরূপভাবে CaO এর অম্লত্ব হল 2, $Al(OH)_3$ এর অম্লত্ব হল 3 এবং $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব হল 6।

$$NaOH\ (aq) + HCl\ (aq) \longrightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

$$CaO\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow CaCl_2\ (aq) + H_2O\ (l)$$

$$Al\ (0H)_3\ (s) + 3HCl\ (aq) \longrightarrow AlCl_3\ (aq) + 3H_2O\ (l)$$

$$Al_2O_3\ (s) + 6HCl\ (aq \longrightarrow 2\ AlCl_3\ (aq) + 3H_2O(l)$$

## ১০.৫। অম্লের শক্তি ও ক্ষারকের শক্তি

**Strengths of Acids and Bases**

**অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক ঃ** ব্রনস্টেড-লাউরির মতবাদ অনুসারে, যে কোন অম্লকে পানিতে দ্রবীভূত করলে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় ঃ

$$\underset{\text{অম্ল}}{HB} + \underset{\text{ক্ষারক}}{H_2O} \rightleftharpoons H_3O^+ + B^-$$

$\therefore$ সাম্যাবস্থায়, $K_a = \dfrac{[H_3O^+] \times [B^-]}{[HB] \times [H_2O]}$ ; [ এক্ষেত্রে $[H_2O]$ ধ্রুব থাকে। ] $\therefore K_a = \dfrac{[H_3O^+] \times [B^-]}{[HB]}$

উপরিউক্ত সাম্যাঙ্ক $K_a$ কে অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। $K_a$ এর একক হল $molL^{-1}$ ।

সুতরাং প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোন অম্লের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক, $K_a$ বলা হয়।

**অম্লের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা ঃ** (১) **$K_a$-এর গুরুত্ব ঃ** অম্লের সাম্যাঙ্ক $K_a$ এর মান যত বেশি হয় অম্লটি তত বেশি শক্তিশালী হয়। HCl, HBr, HI, $HNO_3$ ও $H_2SO_4$ প্রভৃতি যে সব অম্ল জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে (অর্থাৎ 99 –100%) বিয়োজিত থাকে, এদেরকে তীব্র অম্ল বলা হয়। এদের $K_a$ মান খুবই বেশি। যেমন, HCl এর $K_a = 2.5 \times 10^7$, HBr এর $K_a = 3.2 \times 10^9$, HI এর $K_a = 1 \times 10^{10}$। $H_2SO_4$ এর প্রথম বিয়োজন ($H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$) এর জন্য $K_a = 10^3$ হয়ে থাকে। সুতরাং $H_2SO_4$ হল তীব্র অম্ল।

অপরদিকে অ্যাসিটিক এসিড ($CH_3COOH$) এর 0.1M ঘনমাত্রার দ্রবণে মাত্র 5% বিয়োজিত হয়; এবং $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$। সুতরাং অ্যাসিটিক এসিডকে মৃদু বা দুর্বল অম্ল বলা হয়।

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^- \quad [0.1M \text{ দ্রবণে } 100\% \text{ আয়নিত }]$$

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^- \quad [\ 0.1M \text{ ঘনমাত্রায় } 5\% \text{ আয়নিত}]$$



http://pdfcorner.com

(২) আবার হাইড্রাসিডের অম্লধর্মের তীব্রতা এদের অণুস্থিত ঋণাত্মক আয়নের আকারের উপর নির্ভর করে। ঋণাত্মক আয়নের আকার যত বড় হয়, অণুর বিয়োজন তত বেশি হয় অর্থাৎ অম্লের তীব্রতা তত বেশি হয়। যেমন ৩য় পর্যায়ভুক্ত $Cl^-$ আয়নের আকারের চেয়ে ৪র্থ পর্যায়ের $Br^-$ আয়নের আকার বড় এবং ৫ম পর্যায়ের $I^-$ এর আকার আরো বড়। তাই এসব এসিডের তীব্রতার ক্রম হল $HI > HBr > HCl$.

(৩) অক্সোএসিডসমূহের অর্থাৎ অক্সিজেন পরমাণুযুক্ত এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা যত বেশি ঐ এসিডের তীব্রতা তত বেশি হয়। যেমন,

$$\overset{+7}{HClO_4} > \overset{+6}{H_2SO_4} > \overset{+5}{HNO_3} > \overset{+4}{H_2SO_3}$$ (সালফিউরাস এসিড)

(৪) অক্সোএসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা সমান হলে তখন যেটির কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার ছোট হবে অর্থাৎ চার্জ ঘনত্বের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে সে এসিডের তীব্রতা বেশি হয়। যেমন, $HNO_3$ ও $H_3PO_4$ উভয় এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা সমান (+5)। তবে ২য় পর্যায়ভুক্ত N-পরমাণুর আকার ৩য় পর্যায়ভুক্ত P-পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোট বলে P পরমাণুর তুলনায় N পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব বেশি। ফলে উভয় এসিডের তীব্রতার ক্রম হল $\overset{+5}{HNO_3} > \overset{+5}{H_3PO_4}$। একই কারণে $\overset{+3}{HNO_2} > \overset{+3}{H_3PO_3}$।

অনুরূপভাবে, $\overset{+7}{HClO_4} > \overset{+7}{HBrO_4} > \overset{+7}{HIO_4}$।

দুর্বল এসিডসমূহের মধ্যে $HIO_3$ এর $K_a = 1.7 \times 10^{-1}$, $CH_3COOH$ এর $K_a = 1.76 \times 10^{-5}$। $H_2S$ এর প্রথম $K_a = 9.1 \times 10^{-8}$। এ সব মান হতে এদের শক্তির ধারণা পাওয়া যায়।

**ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক ঃ** ব্রনস্টেড–লাউরির মতবাদ অনুসারে ক্ষারক $B^-$ এর অনুবন্ধী অম্ল হল HB। ক্ষারক $B^-$ পানির সাথে বিক্রিয়ায় অনুবন্ধী অম্ল HB ও $OH^-$ আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন,

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{B^-} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{অম্ল}}{HB} + OH^-$$

$\therefore$ সাম্যাবস্থায়, $K_b = \dfrac{[HB] \times [OH^-]}{[B^-] \times [H_2O]}$; [এক্ষেত্রে $[H_2O]$ ধ্রুব থাকে] $\therefore K_b = \dfrac{[HB] \times [OH^-]}{[B^-]}$

এই সাম্যাঙ্ক $K_b$ কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। $K_b$ এর একক হল $molL^{-1}$।

সুতরাং প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোন ক্ষারকের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক, $K_b$ বলা হয়।

**ক্ষারকের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা ঃ** ১। **$K_b$-এর গুরুত্ব ঃ** $K_b$-এর মান যত বেশি হয় ক্ষারকটি ততই শক্তিশালী হয়। NaOH, KOH প্রভৃতি ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকে; সুতরাং এরা তীব্র ক্ষারক। এদের $K_b$ এর মান খুবই বেশি। অপরদিকে $NH_4OH$ সাধারণ ঘনমাত্রার দ্রবণে খুব কম পরিমাণে বিয়োজিত হয়; সুতরাং $NH_4OH$ একটি মৃদু বা দুর্বল ক্ষারক। যেমন,

$NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$ [দ্রবণে 100% আয়নিত হয়]

$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$ [দ্রবণে 5% আয়নিত হয়]

$NH_4OH$, AgOH, $NH_2OH$, $NH_2–NH_2$ এর $K_b$ এর মান যথাক্রমে $1{\cdot}79 \times 10^{-5}$, $1{\cdot}1 \times 10^{-4}$, $1{\cdot}07 \times 10^{-8}$, এবং $1{\cdot}7 \times 10^{-6}$ । এ সব মান হতে এদের শক্তির ধারণা মাত্রিকভাবে বোঝা যায়।

http://pdfcorner.com

**(ক) অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারকের শক্তিমাত্রার সম্পর্ক ঃ**

অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারকের বেলায় $K_a$ ও $K_b$ এর সমীকরণ থেকে পাই,

$$K_a \times K_b = \frac{[H_3O^+] \times [B^-]}{[HB]} \times \frac{[HB] \times [OH^-]}{[B^-] \times [H_2O]};$$

$$= \frac{[H_3O^+] \times [OH^-]}{[H_2O]} = K_w$$

$$\left\{ \begin{array}{l} HB + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + B^- \\ \text{অম্ল} \quad \text{ক্ষারক} \\ B^- + H_2O \rightleftharpoons HB + OH^- \\ \text{ক্ষারক} \quad \text{অম্ল} \end{array} \right.$$

$\therefore K_a \times K_b = K_w$

এটি যে কোন অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারকের জন্য প্রযোজ্য সম্পর্ক। আবার উপরিউক্ত সমীকরণের প্রত্যেক পদের লগারিদম নিয়ে আমরা পাই,

$$\log K_a + \log K_b = \log K_w$$

অথবা, $-\log K_a - \log K_b = -\log K_w$

অথবা, $pK_a + pK_b = pK_w$

## ১০.৬। অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার সাথে ঘনমাত্রার সম্পর্ক ঃ অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র

## Relation between Degree of Dissociation & Concentration of Acid & Base : Ostwald's Dilution Law

তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়। অপরদিকে, মৃদু বা দুর্বল অম্ল ও ক্ষারক পানিতে আংশিকভাবে আয়নিত হয়। তখন আয়নিত ও অ-আয়নিত অণুসমূহের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা বিরাজ করে। একটি অম্ল বা ক্ষারকের নির্দিষ্ট দ্রাবকে আয়নিত হওয়ার পরিমাণকে 'বিয়োজন মাত্রা' দ্বারা বুঝানো হয়।

**(ক) অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার সংজ্ঞা হল ঃ "একটি দ্রবণে উপস্থিত কোন অম্ল বা ক্ষারক-এর মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ অম্ল বা ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা বলে।" অর্থাৎ**

$$\text{অম্ল বা ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা} = \frac{\text{বিয়োজিত অম্ল বা ক্ষারকের মোলসংখ্যা}}{\text{দ্রবীভূত ঐ অম্ল বা ক্ষারকের মোট মোলসংখ্যা}}$$

মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের তথা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণ লঘু করলে অর্থাৎ ঘনমাত্রা হ্রাসের ফলে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়। তখনও দ্রবণে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য সম্পূর্ণ রূপে আয়নিত হয় না, ১৮৮৮ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী অসওয়াল্ড মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে উভমুখী সাম্যাবস্থায় ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে বিয়োজন মাত্রা ভিত্তিক একটি সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করেন, যা অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র নামে পরিচিত।

**(খ) অস্ওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র ঃ বিজ্ঞানী অসওয়াল্ড সর্বপ্রথম দেখান যে, লঘু দ্রবণে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা ঐ অম্ল ও ক্ষারকের দ্রবণের ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। এটিই অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র নামে পরিচিত।**

**(গ) লঘুকরণ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ ঃ** মনে করি, HA একটি মৃদু অম্ল। এর একটি দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা C এবং এর বিয়োজন মাত্রা $\alpha$। তখন 1 মোল HA বিয়োজিত হয়ে $\alpha$ মোল $H^+$ আয়ন ও $\alpha$ মোল $A^-$ আয়ন উৎপন্ন হয়। তখন C মোল HA বিয়োজনের ফলে $\alpha C$ মোল $H^+$ এবং $\alpha C$ মোল $A^-$ আয়ন উৎপন্ন হবে। সাম্যাবস্থায় দ্রবণে $(1-\alpha)C$ মোল HA অম্ল অবিয়োজিত অবস্থায় থাকবে। অর্থাৎ,

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

সাম্যাবস্থায় ঃ $\quad (1-\alpha)C \qquad \alpha C \qquad \alpha C$

এখন ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে, HA অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক হবে,

$$K_a = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha C \times \alpha C}{(1-\alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{(1-\alpha)}$$

http://pdfcorner.com

মৃদু অম্ল যেমন ইথানোয়িক এসিড ($CH_3COOH$) এর বেলায় $\alpha$ এর মান খুবই কম এবং এজন্য $\alpha$ এর মানকে 1 (এক) এর তুলনায় নগণ্য ধরে উপরিউক্ত সমীকরণে $(I - \alpha)$ কে 1 ধরা হয়। তখন,

$$K_a = \alpha^2 C$$

বা, $$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{K_a} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$$

অনুরূপভাবে, একটি দুর্বল ক্ষারক যেমন $NH_3$ অথবা মিথাইল অ্যামিন ($CH_3NH_2$) এর বেলায় $\alpha$ এর মান খুবই কম হয়। তখন সেক্ষেত্রে $K_b = \alpha^2 C$ এবং $\alpha = \sqrt{K_b} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$ পাওয়া যায়। অর্থাৎ $\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$

উপরিউক্ত সমীকরণ দ্বারা মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা ও দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত হয়। **এটিই অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ।**

**(ঘ) প্রযোজ্যতা ঃ** (১) মৃদু অম্ল, মৃদু ক্ষারক ও মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের বেলায় অস্‌ওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র প্রযোজ্য। দ্রবণের লঘুকরণের সাথে ঐ সব পদার্থের বিয়োজন মাত্রা বাড়তে থাকে।

(২) অসীম লঘুতায় মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারক সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারক মোলার ঘনমাত্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকে। ফলে তাদের ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা থাকে না বলে লঘুকরণ সূত্র প্রযোজ্য হয় না।

## ১০.৭। পানির আয়নিক গুণফল
### Ionic Product of Water

বিজ্ঞানী কোলরাস্ ও হেডউইলার (Kohlrausch ও Heydweiller 1894) বিশুদ্ধ পানির পরিবাহিতা নির্ণয় করে দেখান যে, অতি বিশুদ্ধ পানি অতি সামান্য মাত্রায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে। অতএব বিশুদ্ধ পানি অল্পমাত্রায় নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় ঃ

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \quad [\text{সঠিকভাবে } 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-]$$

ভরক্রিয়া সূত্র মতে, $K = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]}$; এখানে তৃতীয় বন্ধনী [ ] দ্বারা মোলার ঘনমাত্রা বোঝায়।

প্রকৃতপক্ষে সামান্য পরিমাণে বিয়োজনের ফলে পানির ঘনমাত্রায় বিশেষ পরিবর্তন ঘটে না। তাই পানির মোলার ঘনমাত্রা $[H_2O]$ এর মান ধ্রুবক ধরা হয়।

অতএব $K \times [H_2O] = [H^+] \times [OH^-]$; $K \times [H_2O] = K_w$ ধরলে

$$\therefore K_w = [H^+] \times [OH^-]$$

$K_w$ কে **পানির আয়নিক গুণফল** বলা হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল ($K_w$)এর মান সামান্য পরিমাণে বিভিন্ন হয়। 25°C তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল ($K_w$) এর মান $1 \times 10^{-14}\ mol^2\ L^{-2}$ ধরা হয়।

পানি বিয়োজিত হলে সমান সংখ্যক $H^+$ আয়ন ও $OH^-$ আয়ন উৎপন্ন হয়। তাই বিশুদ্ধ পানিতে $H^+$ আয়ন ও $OH^-$ আয়ন এর ঘনমাত্রা সমান থাকে। আবার $[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$

$$\therefore [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

যেহেতু বিশুদ্ধ পানিতে হাইড্রোজেন আয়ন ও হাইড্রক্সিল আয়ন সমান থাকে, তাই এ অবস্থায় পানিকে নিরপেক্ষ যৌগ বলা হয়। পানির আয়নিক গুণফলের সম্পর্ক থেকে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল নামক একটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

## ১০.৮। দ্রবণের pH
### pH of a Solution

প্রাণিবিজ্ঞান, প্রাণ–রসায়ন ও চিকিৎসা বিজ্ঞানের বিভিন্ন রাসায়নিক পরীক্ষাকার্যে অম্ল ও ক্ষারের লঘু দ্রবণ যেমন ডেসিমোলার ($10^{-1}\ molL^{-1}$) দ্রবণ ও এর চেয়ে কম ঘনমাত্রার দ্রবণও ব্যবহৃত হয়। আবার পানির আয়নিক গুণফল, $K_w$ এর মান $1 \times 10^{-14}$ ধরা হয়। কিন্তু 10 এর ঋণাত্মক ঘাত হিসেবে $H^+$ ও $OH^-$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রায় এরূপ প্রকাশরীতি বেশ অসুবিধা। তাই 1909 খ্রিস্টাব্দে ড্যানিশ প্রাণ–রসায়নবিদ সোরেনসেন অম্ল ও ক্ষারের জলীয় দ্রবণে $H^+$ আয়ন ও $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল নামক একটি নতুন পদ্ধতি প্রকাশ করেন। এ pH প্রতীকটি "Puissance of hydrogen" অর্থাৎ "হাইড্রোজেন আয়নের প্রাবল্য" প্রকাশ করছে।

http://pdfcorner.com

**pH-এর সংজ্ঞা ঃ** কোন দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ($H^+$), মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে। $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রাকে $[H^+]$ দ্বারা প্রকাশ করলে বীজগণিতের ভাষায় লেখা যায়,

$$pH = -\log [H^+] \text{ বা, } [H^+] = 10^{-pH}$$

কোন দ্রবণে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা দশভাগ হ্রাস পেলে pH এক একক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং যে দ্রবণের pH = 5 তা অপেক্ষা যে দ্রবণের pH = 4 তাতে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা 10 গুণ বেশি হয়। কোন দ্রবণের pH = 3 হলে তাতে $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা = $10^{-3}$ $molL^{-1}$ হয়। কোন দ্রবণের $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা যত কমতে থাকে, এর pH তত বাড়তে থাকে।

আবার $OH^-$ আয়নের ক্ষেত্রে লগারিদমীয় প্রকাশকে নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$pOH = -\log [OH^-] \text{ বা, } [OH^-] = 10^{-pOH}$$

## ১০.৮.১ । pH স্কেল
## pH Scale

25°C তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল, $K_w = [H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ ধরা হয়।

$\therefore \quad [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$

উভয়দিকে log নিয়ে পাই, $\log [H^+] \times [OH^-] = \log 10^{-14}$

বা, $\log [H^+] + \log [OH^-] = -14$

বা, $-pH - pOH = -14$, বা, $pH + pOH = 14$ ... ... (১)

সুতরাং ক্ষারীয় দ্রবণের $pH = 14 - pOH = 14 - (-\log [OH^-])$.

বিশুদ্ধ পানিতে শুধুমাত্র পানির বিয়োজন থেকে $H^+$ ও $OH^-$ তৈরি হয়। যেহেতু এক অণু পানি থেকে একটি $H^+$ আয়ন ও একটি $OH^-$ আয়ন তৈরি হয়; সেহেতু বিশুদ্ধ পানিতে তাদের ঘনমাত্রা সমান। অর্থাৎ,

$$[H^+] = [OH^-]$$

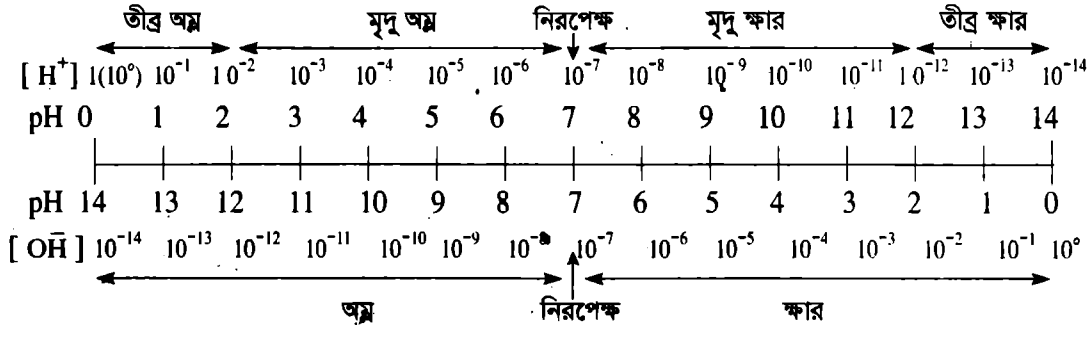
$\therefore \quad [H^+] \times [OH^-] = [H^+]^2 = 10^{-14}$

বা, $[H^+] = 10^{-7}$ ; $\therefore$ $pH = 7$

সুতরাং বিশুদ্ধ পানিতে pH এর মান 7।

আমরা জানি, 1M HCl দ্রবণে $[H^+] = 1 mol\ H^+ ion\ L^{-1}$। সুতরাং 1M HCl দ্রবণের $pH = -\log [H^+] = -\log 1 = -\log 10^0 = 0$। যেহেতু 1M HCl এর pH = 0, সুতরাং pOH = 14।

আবার, 1M NaOH দ্রবণের pH = 14; pOH = 0। সুতরাং যে কোন জলীয় দ্রবণের pH ( ও pOH) এর মান 0 থেকে 14 এর মধ্যে থাকবে। বিভিন্ন pH বা, pOH এর মানের দ্রবণের অবস্থা নিম্নোক্ত চিত্র দ্বারা সহজে বোঝা যায়।




চিত্র ১০.১ ঃ pH স্কেল।

সাধারণভাবে গবেষণাগারে 1M দ্রবণের বেশি ঘনমাত্রার দ্রবণ ব্যবহার করা হয় না।

http://pdfcorner.com

বিশুদ্ধ পানিতে কিছু অম্ল যেমন HCl দ্রবণ যোগ করলে এর বিয়োজন থেকে দ্রবণে $H^+$ এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ঐ দ্রবণের pH তখন 7 অপেক্ষা কম হয়। তখন দ্রবণটি অম্লীয় হবে। অপরদিকে বিশুদ্ধ পানিতে কোন ক্ষারক যেমন NaOH দ্রবণ যোগ করলে তা থেকে দ্রবণে $OH^-$এব পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী $H^+$ এর ঘনমাত্রা হ্রাস পায়; অর্থাৎ pH এর মান 7 থেকে বেশি হয়। তখন দ্রবণটি ক্ষারীয় হবে।

∴ কোন দ্রবণের $pH = 7$ হলে, তা হবে নিরপেক্ষ বা প্রশমিত দ্রবণ।

কোন দ্রবণের $pH < 7$ হলে, তা হবে অম্লীয় দ্রবণ।

কোন দ্রবণের $pH > 7$ হলে, তা হবে ক্ষারীয় দ্রবণ।

## ১০.৯। অম্লীয় দ্রবণের ও ক্ষারীয় দ্রবণের pH গণনা
### Calculation of pH of Acidic and Basic Solutions

**উদাহরণ ১। (ক) 0.1M HCl, (খ) 0.2M HCl, (গ) 0.01M HCl দ্রবণের pH নির্ণয় কর।**

[ সি. বো. ২০০১ ]

**সমাধান ঃ** (ক) 0.1M HCl দ্রবণে $[H^+] = 0.1 mol\ H^+\ ion L^{-1}$ কারণ 0.1M HCl দ্রবণে HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।

$$\underset{0.1mol}{HCl} + aq \longrightarrow \underset{0.1\ mol}{H^+(aq)} + Cl^-(aq)$$

∴ $pH = -\log [H^+] = -\log 0.1 = -\log 10^{-1} = 1$ **(উত্তর)**

(খ) 0.2M HCl দ্রবণে $[H^+] = 0.2\ mol\ H^+ ion L^{-1}$ কারণ 0.2M HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।

∴ $pH = -\log [H^+] = -\log (0.2) = -(-0.699) = 0.699$ (প্রায়) **(উত্তর)**

(গ) 0.01M HCl দ্রবণে $[H^+] = 0.01\ mol\ H^+ ion\ L^{-1}$ কারণ 0. 01M HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।

[ ঢা. বো. ২০০২, ২০০৬ ]

∴ $pH = -\log [H^+] = -\log (0.01) = -\log 10^{-2} = 2$ **(উত্তর)**

দেখা যাচ্ছে দ্রবণে অম্লের পরিমাণ যত বেশি, pH এর মান তত কম।

**উদাহরণ ২। 0.005 M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH গণনা কর।** [ য. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** জলীয় দ্রবণে 0.005 M $H_2SO_4$ এর পূর্ণ বিয়োজন ঘটে এবং দ্বিগুণ সংখ্যক $H^+$ তৈরি করে।

$$\underset{1mol}{H_2SO_4(aq)} \longrightarrow \underset{2\ mol}{2H^+(aq)} + SO_4^{2-}(aq)$$

∴ $[H^+] = 2 \times 0.005\ mol\ H^+ ion\ L^{-1} = 0.01\ mol\ H^+ ion\ L^{-1}$

∴ $pH = -\log [H^+] = -\log 0.01 = -\log 10^{-2} = -(-2) = 2$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৩। 0.01M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণের pH হিসাব কর। দেওয়া আছে যে, উপরোক্ত ঘনমাত্রায় ঐ অম্ল বা এসিডের বিয়োজন মাত্রা 12.5%।**

**সমাধান ঃ** $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$

এসিডটি 12.5% বিয়োজিত হয়েছে। তাই 0.01M দ্রবণে $[H^+] = 0.01 \times 0.125$

$= 1.25 \times 10^{-3}\ mol\ H^+ ion L^{-1}$

∴ $pH = -\log[H^+] = -\log (1.25 \times 10^{-3}) = -\log 1.25 - \log 10^{-3} = -0.097 + 3 = 2.903$ **(উত্তর)**

সাধারণভাবে বলা যায়, একই ঘনমাত্রার তীব্র এসিড অপেক্ষা একই ঘনমাত্রার দুর্বল এসিড দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কম হবে। সুতরাং সেক্ষেত্রে pH বেশি হবে।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৪। 298 K বা, 25°C তাপমাত্রায় একটি 0.1M ইথানোয়িক এসিড দ্রবণের pH নির্ণয় কর।** $[K_a = 1.76 \times 10^{-5}]$

**সমাধান ঃ** $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$

$\therefore K_a = \frac{[CH_3COO^-] \times [H^+]}{[CH_3COOH]}$; এক্ষেত্রে দ্রবণে $[CH_3COO^-] = [H^+]$ হয়।

আবার ইথানোয়িক এসিড দুর্বল এসিড হওয়ায় অতি অল্প পরিমাণে আয়নিত হয়। তাই দ্রবণে অবিয়োজিত $CH_3COOH$ এর ঘনমাত্রা 0.1 $molL^{-1}$ ধরা যায়।

তখন, $K_a = \frac{[CH_3COO^-] \times [H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H^+]^2}{0.1}$

বা, $[H^+]^2 = K_a \times 0.1 = (1.76 \times 10^{-5}) \times 0.1 = 1.76 \times 10^{-6}$ [প্রশ্ন মতে, $K_a = 1.76 \times 10^{-5}$]

$\therefore [H^+] = \sqrt{1.76 \times 10^{-6}} = 1.33 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$

$\therefore$ pH $= -\log(1.33 \times 10^{-3}) = 2.88$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৫। কোন জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা $3 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$ হলে ঐ দ্রবণের pH কত হবে? দ্রবণটির প্রকৃতি অম্লীয় হবে নাকি ক্ষারীয় হবে?**

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, $[H^+] = 3 \times 10^{-5}\ molL^{-1}$

$\therefore$ pH $= -\log[H^+] = -\log(3 \times 10^{-5})$

$= -[\log 3 - 5\log 10] = -0.4771 + 5 = 4.52$

$\therefore$ দ্রবণের pH = 4.52; যেহেতু দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে কম, তাই দ্রবণটি অম্লীয় হবে। **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৬। (ক) 1M NaOH, (খ) 0.1M NaOH, (গ) 0.02M NaOH, (ঘ) 0.001M NaOH দ্রবণের pH হিসাব কর।** [কু. বো. ২০০১, ২০০২]

**সমাধান ঃ** যেহেতু NaOH একটি তীব্র ক্ষার, উপরিউক্ত লঘু দ্রবণসমূহে NaOH সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকবে। সুতরাং এর ঘনমাত্রা দ্রবণে $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রার সমান। $NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$

(ক) 1M NaOH এর ক্ষেত্রে $[OH^-] = 1\ mol\ OH^-ion\ L^{-1}$; pOH $= -\log[OH^-] = -\log 1 = 0$;

সুতরাং pH = 14 − pOH = 14 − 0 = 14 **(উত্তর)**

(খ) 0.1M NaOH এর বেলায় $[OH^-] = 0.1\ mol\ OH^-ion\ L^{-1}$; pOH $= -\log[OH^-] = -\log 0.1 = 1$;

pH = 14 − pOH = 14 − 1 = 13 **(উত্তর)**

(গ) 0.02M NaOH দ্রবণের বেলায় $[OH^-] = 0.02\ mol\ OH^-ion\ L^{-1}$;

pOH $= -\log[OH^-] = -\log 0.02 = 1.7$ [রা. বো. ২০০০; চ. বো. ২০০১, ২০০৭]

pH = 14 − pOH = (14 − 1.7) = 12.3 **(উত্তর)**

(ঘ) 0.001M NaOH এর বেলায় $[OH^-] = 10^{-3}\ mol\ OH^-ion\ L^{-1}$;

pOH $= -\log[OH^-] = -\log 10^{-3} = 3$;

pH = 14 − pOH = 14 − 3 = 11 **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৭। 2.5% NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর।** [চ. বো. ২০০৪; সি. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১০]

**সমাধান ঃ** 2.5% NaOH দ্রবণে NaOH সম্পূর্ণরূপে আয়নিত থাকে।

2.5% NaOH দ্রবণের 100 mL দ্রবণে 2.5 g NaOH দ্রবীভূত থাকে।

$\therefore$ 1000 mL ঐ দ্রবণে (2.5 × 10) = 25 g NaOH দ্রবীভূত থাকবে।

http://pdfcorner.com

NaOH এর গ্রাম–আণবিক ভর = 40 g. $\therefore$ 25 g NaOH = $\frac{25}{40}$ mol NaOH.

$\therefore$ 1000 mL NaOH দ্রবণে 25/40 mol আছে = 0.625 mol NaOH আছে।

$\therefore$ 0.625 M NaOH এর ক্ষেত্রে $[\bar{O}H]$ = 0.625 mol $\bar{O}H$ $L^{-1}$

$pOH = -\log [OH^-] = -\log 0.625 = 0.204$ (প্রায়)

$\therefore$ pH = 14 – pOH = 14 – 0.204 = 13.796.**(উত্তর)**

**উদাহরণ ৮। একটি দ্রবণের হাইড্রক্সাইড আয়ন ($OH^-$) এর ঘনমাত্রা $8.2 \times 10^{-4}$ mol $L^{-1}$ হলে উক্ত দ্রবণের pH এর মান কত?** [য. বো. ২০০০]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, $[OH^-] = 8.2 \times 10^{-4}$ $molL^{-1}$

$$\therefore \quad pOH = -\log [OH^-] = -\log (8.2 \times 10^{-4})$$
$$= -[\log 8.2 - 4 \log 10] = -0.9138 + 4 = 3.09$$

$\therefore$ ঐ ক্ষার দ্রবণের pH = (14 – pOH) = (14 – 3.09) = 10.91 **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৯। $NH_3$ এর কনজুগেট অম্ল ($NH_4^+$) এর $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$ হলে $NH_3$ এর $K_b$ এর মান কত ?**

**সমাধান ঃ** অনুবন্ধী বা কনজুগেট অম্ল–ক্ষারক সম্পর্ক হল, $K_a \times K_b = 10^{-14}$

প্রশ্নমতে, $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$ ; $\therefore K_b = \frac{10^{-14}}{5.8 \times 10^{-10}} = 1.72 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ১০। 25°C তাপমাত্রায় জৈব ক্ষারক ডাইমিথাইল অ্যামিনের $1.00 \times 10^{-2}$ $molL^{-1}$ জলীয় দ্রবণের pH এর মান 7.64 হলে ঐ ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক $K_b$ এর মান কত হবে?**

**সমাধান ঃ** ক্ষারকটির বিয়োজনকে নিম্ন সমীকরণে দেখানো যায় ঃ

$$(CH_3)_2NH + H_2O \rightleftharpoons (CH_3)_2NH_2^+ + OH^-$$

$$\therefore \quad K_b = \frac{[(CH_3)_2NH_2^+] \times [OH^-]}{[(CH_3)_2NH]} = \frac{[OH^-]^2}{1.00 \times 10^{-2}} \quad ; \quad \because \quad [(CH_3)_2NH_2^+] = [OH^-]$$

প্রশ্নমতে, pH = 7.64 ; $\therefore$ pOH = (14.0 – 7.64) = 6.36

$\therefore [OH^-]$ = anti log (– 6.36) = $4.37 \times 10^{-7}$ $molL^{-1}$

$\therefore K_b = (4.37 \times 10^{-7})^2 / (1.00 \times 10^{-2}) = 1.91 \times 10^{-11}$ $molL^{-1}$ **(উত্তর)**।

## ১০.১০। অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশন বা অনুমাপন

**Acid-Base Titration**

**(ক) প্রমাণ দ্রবণ (Standard solution) ঃ** কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রবের পরিমাণ জানা থাকলে সে দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলা হয়। যেমন, 0.1M HCl দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ। কারণ এক্ষেত্রে 1L আয়তন দ্রবণে 0.1mol HCl বা, 3.65 g HCl দ্রবীভূত আছে।

**(খ) টাইট্রেশন ঃ** উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের সাথে প্রমাণ দ্রবণের মাত্রিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রমাণ দ্রবণের তুল্য আয়তন নির্ণয়ের মাধ্যমে পরীক্ষাধীন দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে অনুমাপন বা টাইট্রেশন বলা হয়।

**(গ) অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব ঃ** অম্ল–ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব হল প্রশমন বিক্রিয়া। এতে দ্রবণে অম্ল ও ক্ষারক আয়নিত হয়ে যথাক্রমে $H^+$ ও $OH^-$ দেয়। উৎপন্ন $H^+$ ও $OH^-$ সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে প্রশম বস্তু পানি ( $H_2O$ ) সৃষ্টি করে। টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুতে টাইট্রেশন মিশ্রণে কেবল প্রশম বস্তু পানি ও লবণ থাকে। যেমন,

http://pdfcorner.com

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq) + Na^+(aq) + OH^-(aq)$$
$$\longrightarrow H_2O(\ell) + Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

**বর্ণনা ঃ** পিপেট দ্বারা একটি দ্রবণের (সাধারণত ক্ষারক দ্রবণের) নির্দিষ্ট আয়তনের পরীক্ষাধীন নমুনা দ্রবণ একটি কনিকেল ফ্লাস্কে নেয়া হয়, এতে দু'ফোঁটা উপযুক্ত নির্দেশক যেমন মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করা হয়। শেষে একটি মাত্রাঙ্কিত বা দাগকাটা ব্যুরেট থেকে প্রমাণ দ্রবণরূপে দ্বিতীয় দ্রবণটি (সাধারণত অম্ল দ্রবণ) বিন্দু বিন্দু যোগ করা হয়। কনিকেল ফ্লাস্কের দ্রবণে যখন দ্বিতীয় দ্রবণের ঠিক তুল্য পরিমাণ যোগ করা হয়, তখন তাকে **তুল্যতা বিন্দু** বলা হয়। তুল্যতা বিন্দুতে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন ঘটে। তখন ব্যুরেট থেকে প্রমাণ দ্রবণ যোগ করা বন্ধ করা হয়।

**নির্দেশক ঃ** টাইট্রেশনের তুল্যতা-বিন্দু নির্ধারণের জন্য সাধারণত বিকারক দ্রবণে এমন একটি যৌগ যোগ করা হয়, টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দুতে যার কোন সুস্পষ্ট ভৌত ধর্মের পরিবর্তন যেমন বর্ণ পরিবর্তন বা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়। টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু প্রকাশক এ যৌগকে **সূচক বা নির্দেশক** (indicator) বলা হয়।

**অম্ল ক্ষারক টাইট্রেশনে** ব্যবহৃত নির্দেশকসমূহকে **অম্ল ক্ষারক নির্দেশক** বলা হয়। যেমন, মিথাইল অরেঞ্জ, ফেনলথ্যালিন ইত্যাদি।

## ১০.১০.১। প্রশমন রেখা
### Neutralisation Curve

কোন অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের সময় ব্যুরেট থেকে যোগকৃত বিকারকের আয়তনের বিপরীতে দ্রবণের pH এর মানের লেখচিত্রকে **প্রশমন রেখা** বলা হয়। **প্রশমন রেখার প্রকৃতি** বিক্রিয়ারত অম্ল-ক্ষারক যুগলের কম বা বেশি তীব্রতার উপর নির্ভর করে। টাইট্রেশনের নির্দেশক নির্বাচনের জন্য এ ধরনের প্রশমন রেখার উপর নির্ভর করতে হয়। তাত্ত্বিকভাবে হিসাব কষে এ রেখায় অবস্থিত বিভিন্ন বিন্দুর মান বের করা যায়। নিম্নে উদাহরণ হিসেবে তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমনের সময় pH এর পরিবর্তন হিসাব করে দেখানো হয়েছে। দুর্বল ক্ষারক বা অম্লের ক্ষেত্রে হিসাবকরণ কিছুটা জটিল। উচ্চ মাধ্যমিক শ্রেণীতে তা প্রয়োজনীয় নয় বলে বাদ দেওয়া হয়েছে। pH মিটার দ্বারা বা অন্যান্য বিভিন্নভাবে বিভিন্ন অবস্থায় দ্রবণের pH মেপেও এ রেখা পাওয়া যেতে পারে।

## ১০.১১। তীব্র অম্ল-তীব্র ক্ষারক প্রশমন
### Neutralisation of Strong Acid with Strong Base

**pH গণনা ঃ** তীব্র অম্লকে তীব্র ক্ষারক দ্বারা প্রশমন করলে তুল্যতা বিন্দুতে দ্রবণের pH হবে 7। আমরা এখানে 25 mL 0.1M HCl দ্রবণকে 0.1M NaOH দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশনের সময় বিভিন্ন স্তরে pH হিসাব করে বের করবো। টাইট্রেশন শুরু করার পূর্ব মুহূর্তে দ্রবণে $[H^+] = 0.1$, কেননা; HCl এর ঘনমাত্রা = 0.1M এবং এটি সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং এক্ষেত্রে pH $= -\log(0.1) = 1$। যখন এতে 10 mL 0.1M NaOH যোগ করা হল, তখন তা 10 mL 0.1M HCl এর সাথে বিক্রিয়া করবে; ফলে দ্রবণে 15 mL 0.1M HCl তুল্য পরিমাণ এসিড অবশিষ্ট থাকবে, তবে টাইট্রেশন মিশ্রণের দ্রবণের আয়তন বেড়ে (25 + 10) mL = 35 mL হবে। সুতরাং তখন $[H^+] = 15 \times 0.1/35 = 4.28 \times 10^{-2}$ অর্থাৎ pH = 1.37।

অনুরূপভাবে হিসাব করে দেখানো যায়, বিভিন্ন পরিমাণ 0.1M NaOH দ্রবণ যোগ করলে pH নিম্নরূপ হবে ঃ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20 mL ক্ষারক যোগ করলে | $[H^+] = 5 \times 0.1/45$ | $= 1.10 \times 10^{-2}$ ; | pH = 1.96 |
| 22 mL ক্ষারক যোগ করলে | $[H^+] = 3 \times 0.1/47$ | $= 6.38 \times 10^{-3}$; | pH = 2.19 |
| 24 mL " " " | $[H^+] = 1 \times 0.1/49$ | $= 2.04 \times 10^{-3}$; | pH = 2.69 |
| 24.5 mL " " " | $[H^+] = 0.5 \times 0.1/49.5$ | $= 1.01 \times 10^{-3}$; | pH = 2.99 |
| 24.9 mL " " " | $[H^+] = 0.1 \times 0.1/49.9$ | $= 2.00 \times 10^{-4}$; | pH = 3.70 |
| 24.99 mL " " " | $[H^+] = 0.01 \times 0.1/49.99$ | $= 2.00 \times 10^{-5}$; | pH = 4.70 |



http://pdfcorner.com

যখন ঠিক 25 mL NaOH দ্রবণ যোগ করা হবে তখন দ্রবণে অতিরিক্ত NaOH বা HCl থাকবে না; তাতে শুধুমাত্র পানি ও NaCl থাকবে। সুতরাং দ্রবণের pH = 7 হবে।

এরপর আরো 0.01 mL 0.1M NaOH (অর্থাৎ সর্বমোট (25.01 mL) যোগ করলে দ্রবণে $[OH^-]$ হবে

$= 0.01 \times 0.1/50.01 = 1.99 \times 10^{-5}$; pOH = 4.7, pH = (14 – 4.7) = 9.3

25.1 mL NaOH যোগ করার পর দ্রবণে $[OH^-] = 0.1 \times 0.1/50.1 = 1.996 \times 10^{-4}$

$\therefore$ pOH = 3.7 ; $\therefore$ pH = 14.0 – 3.7 = 10.3

যখন 26 mL 0.1 NaOH যোগ করা হল, তখন দ্রবণে 1mL 0.1M NaOH অতিরিক্ত আছে, যা 51 mL দ্রবণে বিদ্যমান। সুতরাং দ্রবণে $[OH^-] = 1 \times 0.1/51 = 1.96 \times 10^{-3}$; pOH = 2.7 ;

$\therefore$ pH = (14.0 – 2.7) = 11.3

এরূপে টাইট্রেশনের বিভিন্ন পর্যায়ে টাইট্রেশন মিশ্রণের pH গণনা করে প্রাপ্ত তথ্যসমূহ সারণি ১০.১ এ দেখানো হল।

**সারণি ১০.১ : 0.1M HCl দ্রবণকে 0.1M NaOH দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশনের ফলাফল।**

| ব্যবহৃত HCl এর আয়তন, mL | ব্যবহৃত NaOH এর আয়তন, mL | টাইট্রেশন মিশ্রণ এর আয়তন, mL | মিশ্রণে $H^+$ এর মোলার ঘনমাত্রা | মিশ্রণে $OH^-$ এর মোলার ঘনমাত্রা | মিশ্রণের pH |
|---|---|---|---|---|---|
| 25.00 | 0.00 | 25.00 | 0.10 | – | 1.00 |
| 25.00 | 10.00 | 35.00 | $4.28 \times 10^{-2}$ | – | 1.37 |
| 25.00 | 20.00 | 45.00 | $1.11 \times 10^{-2}$ | – | 1.59 |
| 25.00 | 22.00 | 47.00 | $6.38 \times 10^{-3}$ | – | 2.19 |
| 25.00 | 24.00 | 49.00 | $2.04 \times 10^{-3}$ | – | 2.69 |
| 25.00 | 24.50 | 49.50 | $1.01 \times 10^{-3}$ | – | 2.99 |
| 25.00 | 24.90 | 49.90 | $2.00 \times 10^{-4}$ | – | 3.70 |
| 25.00 | 24.99 | 49.99 | $2.00 \times 10^{-5}$ | – | 4.70 |
| 25.00 | 25.00 | 50.00 | $1.00 \times 10^{-7}$ | – | 7.00 |
| 25.00 | 25.01 | 50.01 | – | $1.99 \times 10^{-5}$ | 9.30 |
| 25.00 | 25.10 | 50.10 | – | $1.99 \times 10^{-4}$ | 10.30 |
| 25.00 | 26.00 | 51.00 | – | $1.96 \times 10^{-3}$ | 11.30 |
| 25.00 | 50.00 | 75.00 | – | $3.33 \times 10^{-2}$ | 12.52 |

এ সব ফল থেকে দেখা যায় যে, টাইট্রেশনের প্রথম দিকে pH এর মান খুব ধীরে বাড়ে; কিন্তু NaOH যোগ করার সময় 49.5 থেকে 49.99 mL টাইট্রেশন মিশ্রণে pH এর মান 2.99 থেকে 4.7 হয়। এবং 49.99 mL NaOH থেকে 50 mL NaOH যোগ করার সময় pH এর মান 4.7 থেকে 7.0 হয়। অর্থাৎ তুল্যতা বিন্দুর নিকটে pH এর পরিবর্তনের হার খুব বেশি হয়। পরবর্তীতে pH এর মান বৃদ্ধি ক্রমশ ধীরগতিতে হয়।

এখানে উল্লেখ্য যে, প্রকৃতপক্ষে তুল্যতা বিন্দুর ঠিক নিকটে pH এর মানই বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ। নিম্নের ১০.২ নং লেখচিত্রে তাই 10 ~ 35 mL NaOH যোগ করার ফলে pH এর মানের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। একই সাথে মিথাইল অরেঞ্জ ও ফেনলফ্থ্যালিন নির্দেশকের সীমানাও দেখানো হয়েছে। এ থেকে দেখা যায় যে, উল্লিখিত নির্দেশকসমূহের মধ্যে দুটি নির্দেশকই ভাল নির্দেশক, যা বেশ লঘু দ্রবণেও ব্যবহার করা যায়। দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.1M এর কম হলে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহারে তুল্যতা বিন্দুর 0.1 ~ 0.2 mL পূর্বেই বর্ণ পরিবর্তন হবে এবং ফেনলফ্থ্যালিন ব্যবহারের তুল্যতা বিন্দুর চেয়ে 0.1 ~ 0.2 mL বেশি ক্ষার ব্যবহার করার পরেই বর্ণ পরিবর্তন হবে।

http://pdfcorner.com

## ১০.১২। অম্ল-ক্ষারক নির্দেশকসমূহ (Acid-Base Indicators)

**সংজ্ঞা ঃ অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের সময় অম্ল–ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু বা তুল্যতা বিন্দু নির্ধারণের জন্য কতিপয় যৌগ ব্যবহার করা হয়। এ সব যৌগ অম্লীয় মাধ্যমে এক ধরনের বর্ণ দেখায় এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে অন্য ধরনের বর্ণ দেখায়। এ সব যৌগকে অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক বলা হয়।** যেমন, মিথাইল অরেঞ্জ, লিটমাস, ফেনলফথ্যালিন (Phenolphthalein) ইত্যাদি হল অম্ল ক্ষারক নির্দেশক।

প্রকৃতপক্ষে সব নির্দেশক একই pH এ বর্ণ পরিবর্তন করে না। প্রতিটি নির্দেশকের একটি pH সীমানা আছে, যেখানে দু'প্রকার বর্ণের সংমিশ্রণ দেখা যায়। pH এর মান এ সীমানা থেকে কম হলে নির্দেশক শুধুমাত্র অম্লীয় বর্ণ এবং pH এর মান এ সীমানা থেকে বেশি হলে নির্দেশক শুধুমাত্র ক্ষারীর বর্ণ দেখায়। প্রতিটি নির্দেশক সামান্য pH পরিসরে বর্ণ পরিবর্তন করে। তাই কোন নির্দিষ্ট অম্ল-ক্ষারক যুগলের টাইট্রেশনের জন্য এমন একটি নির্দিষ্ট নির্দেশক নির্বাচন করা প্রয়োজন, যার বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসরের মধ্যে ঐ টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুর pH অবস্থিত হয়। অন্য কথায়, **কোন টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুতে যে নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হয়, তা ঐ টাইট্রেশনের জন্য উপযুক্ত নির্দেশক।**

কোন পদার্থকে নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করার প্রধান শর্তসমূহ হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

(১) নির্দেশকের বর্ণ যথেষ্ট স্থায়ী ও উজ্জ্বল হতে হবে এবং অম্লীয় মাধ্যম ও ক্ষারীয় মাধ্যমের বর্ণের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য থাকতে হবে। এরা বিপরীত বর্ণের হলে সবচেয়ে ভাল হয়।

(২) নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হতে হবে। অর্থাৎ $H^+$ আয়নের যে ঘনমাত্রার মধ্যে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হয় তার পরিসর স্বল্প হতে হবে।

(৩) যে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নির্দেশক ব্যবহার করা হবে, তার টাইট্রেশনের সমাপনী বিন্দুতে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হতে হবে।

### ১০.১২.১। নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের ক্রিয়া-কৌশল
### Mechanism of Change of Colour of Indicators

**নির্দেশসমূহ কীরূপে ক্রিয়া করে এবং বিভিন্ন pH পরিসরে সাধারণত 2 pH একক ব্যবধানে তাদের বর্ণ পরিবর্তন কীভাবে ঘটে, তা নিম্নে ব্যাখ্যা করা হল।**

**নির্দেশকের ক্রিয়া ঃ** নির্দেশক হল সাধারণত দুর্বল জৈব এসিড বা জৈব ক্ষার। লিটমাস ও ফেনলফথ্যালিন হল দুর্বল জৈব এসিড এবং মিথাইল অরেঞ্জ হল দুর্বল জৈব ক্ষার। অম্লীয় নির্দেশককে সাধারণত HIn সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

জলীয় দ্রবণে অম্লীয় নির্দেশক HIn অণু বিয়োজিত হয়ে অনুবন্ধী ক্ষারক ($In^-$) উৎপন্ন করে। অবিয়োজিত অণু HIn ও এর অনুবন্ধী ক্ষারক $In^-$ আয়নের বর্ণ ভিন্ন হয়। যেমন লিটমাসের বেলায় HIn এর বর্ণ লাল এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক $In^-$ আয়নের বর্ণ নীল হয়।

$$\underset{\text{অম্ল (লাল)}}{HIn} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক (নীল)}}{In^-} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

লা–শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে, (i) অম্লীয় দ্রবণে (অর্থাৎ HCl দ্রবণে যেখানে অধিক $H^+$ আয়ন থাকে), উপরিউক্ত নির্দেশকের আয়নীকরণ সমীকরণটির সাম্যের অবস্থান হবে বামদিকে। তখন নির্দেশকের প্রায় সবটাই অবিয়োজিত অণু HIn হিসেবে থাকবে এবং **দ্রবণের বর্ণ হবে লাল** অর্থাৎ অম্লীয় মাধ্যমে লিটমাসের বর্ণ লাল।

(ii) আবার ক্ষারীয় দ্রবণে (অর্থাৎ NaOH দ্রবণে যেখানে অধিক $OH^-$ আয়ন থাকে), লিটমাস দ্রবণ যোগ করলে ঐ দ্রবণের $H_3O^+$ আয়নসমূহ $OH^-$ আয়ন দ্বারা প্রশমিত হয়ে পানি অণু হওয়ার ($H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$) কারণে সাম্যের অবস্থান ডানদিকে সরে যাবে। তখন HIn অণুসমূহ $OH^-$ আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে $In^-$ আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং দ্রবণের বর্ণটি অনুবন্ধী ক্ষারক ($In^-$) এর বর্ণযুক্ত **নীল বর্ণ হবে** অর্থাৎ ক্ষারীয় মাধ্যমে লিটমাসের বর্ণ নীল হবে। $HIn + OH^- \rightleftharpoons H_2O + In^-$(নীল)

http://pdfcorner.com

উপরিউক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে বিয়োজন ধ্রুবক $K_{In}$ হবে নিম্নরূপ ঃ

$$K_{In} = \frac{[H_3O^+] \times [In^-]}{[HIn]} \; ; \text{ বা, } [H_3O^+] = K_{In} \times \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

যখন $[HIn] = [In^-]$ হয়; তখন সাম্যাবস্থায় উপরের সমীকরণ মতে আমরা পাই নিম্নরূপ ঃ

$$[H_3O^+] = K_{In} \times \frac{[HIn]}{[In^-]} \; ; \; [H_3O^+] = K_{In} \text{ এবং } pH = pK_{In}$$

যখন $[HIn]/[In^-] \geq 10/_1$ হয়, তখন দ্রবণের বর্ণটি লিটমাসের বেলায় লাল হয়। আবার যদি $[HIn]/[In^-] \leq {}^1/_{10}$ হয়, তখন দ্রবণের বর্ণটি লিটমাসের বেলায় নীল হয়। অতএব, হাইড্রোজেন আয়নের পরিবর্তনের পরিসর, $[H_3O^+] = K_{In} \times {}^{10}/_1$ থেকে $K_{In} \times {}^1/_{10}$ হলে লিটমাসের বর্ণ লাল থেকে পরিবর্তিত হয়ে নীল হয়। তখন দ্রবণের pH এর পরিসর হয় $pH = (pK_{In} + 1)$ থেকে $(pK_{In} - 1)$ অর্থাৎ প্রায় 2 pH একক পরিসরে লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন ঘটে থাকে।

সারণি ১০.২ ঃ কিছু গুরুত্বপূর্ণ নির্দেশক

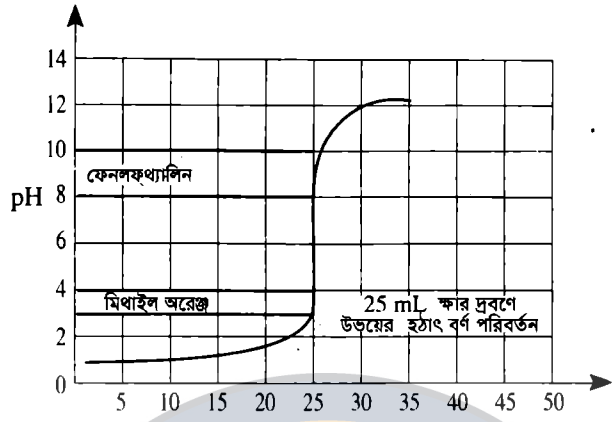
| নির্দেশকের নাম | অম্লীয় মাধ্যমে বর্ণ | ক্ষারীয় মাধ্যমে বর্ণ | বর্ণ পরিবর্তনে pH পরিসর |
|---|---|---|---|
| ফেনলফথ্যালিন | বর্ণহীন | লালচে বেগুনি | 8.3 ~10.0 |
| থাইমলথ্যালিন | বর্ণহীন | নীল | 8.3 ~10.5 |
| ক্রিসল রেড | হলুদ | লাল | 7.2 ~ 8.8 |
| ফেনল রেড | হলুদ | লাল | 6.8 ~8.4 |
| ব্রোমোথাইমল ব্লু | হলুদ | নীল | 6.0 ~ 7.6 |
| লিটমাস | লাল | নীল | 6.0 ~ 8.0 |
| মিথাইল রেড | লাল | হলুদ | 4.2 ~ 6.3 |
| মিথাইল অরেঞ্জ | লাল | হলুদ | 3.1 ~ 4.4 |
| ব্রোমাক্রিসল গ্রীন | হলুদ | নীল | 3.8 ~ 5.4 |

## ১০.১২.২। নির্দেশক নির্বাচন (Selection of Indicators)

পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, প্রতিটি নির্দেশকের একটি নির্দিষ্ট pH পরিসর বিদ্যমান, যার উপরে ও নিচে তা যথাক্রমে ক্ষারীয় ও অম্লীয় বর্ণ প্রদর্শন করে। **কোন টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুতে যে নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হয়, তা সেই টাইট্রেশনের জন্য সঠিক নির্দেশক।** নির্দেশক নির্বাচনের জন্য টাইট্রেশনের সময় pH এর পরিবর্তন জানা প্রয়োজন; প্রশমন রেখা থেকে সহজেই তা করা যায় এবং প্রশমন রেখা পর্যালোচনা করেই নির্দেশক নির্বাচন করা উচিত। নিম্নে বিভিন্ন ধরনের অম্ল–ক্ষারকের টাইট্রেশনে প্রাপ্ত প্রশমন রেখা এবং তাতে ব্যবহারযোগ্য নির্দেশকসমূহের pH পরিসর দেখানো হয়েছে।

**(ক) তীব্র ক্ষারক দ্বারা তীব্র এসিডকে টাইট্রেশন ঃ** তীব্র এসিডকে তীব্র ক্ষারক (যেমন HCl কে NaOH) দ্বারা টাইট্রেশনের ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, তার আর্দ্র–বিশ্লেষণ হয় না বলে তুল্যতা বিন্দুতে pH = 7। এ ধরনের টাইট্রেশনের প্রশমন রেখাচিত্র ১০.২–এ দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে তুল্যবিন্দু অতিক্রমের সময় 0.1M দ্রবণের ক্ষেত্রে **pH 3.1 থেকে 9.7 এ** পরিবর্তিত হয়। সুতরাং উপরে উল্লিখিত সকল নির্দেশক যেমন মিথাইল অরেঞ্জ (pH বিস্তার 3.1 – 4.4) অথবা ফেনলফথ্যালিন (pH বিস্তার 8.3 – 10.0) এক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়।

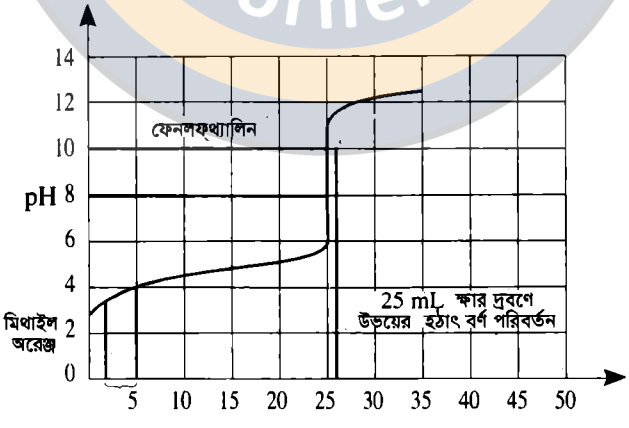
http://pdfcorner.com




চিত্র ১০.২ ঃ 0.1M NaOH দ্বারা 0.1M HCl-এর টাইট্রেশনে প্রশমন রেখাচিত্র।

**(খ) মৃদু এসিডকে তীব্র ক্ষারক দ্বারা টাইট্রেশন ঃ** মৃদু অম্লকে তীব্র ক্ষারক দ্বারা টাইট্রেশনের সময় যে লবণ উৎপন্ন হয়, তা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কিছু পরিমাণে মৃদু অম্ল ও তীব্র ক্ষারক উৎপন্ন করে। ফলে তুল্যতা বিন্দুতে দ্রবণ কিছুটা ক্ষারীয় থাকে, অর্থাৎ pH এর মান 7 এর উপর থাকে।

যেমন ঃ 0.1M NaOH দ্রবণ দ্বারা 0.1M অ্যাসিটিক এসিডের টাইট্রেশনে তুল্যতা বিন্দুতে pH এর মান 8.7 হয়। তুল্যতা বিন্দু অতিক্রমকালে pH এর মান হঠাৎ **6.0 থেকে 11 এ পরিবর্তিত** হয়। তখন 0.1M NaOH দ্রবণের 25 mL যোগ করতে হয়। এ ধরনের টাইট্রেশনে ফেনলফথ্যালিন উৎকৃষ্ট নির্দেশক। কিন্তু মিথাইল রেড (pH বিস্তার 4.2 – 6.3) বা মিথাইল অরেঞ্জ (pH বিস্তার 3.1 – 4.4) নির্দেশক হিসেবে ব্যবহৃত হলে সঠিক তুল্যতা বিন্দুর আগেই 5 mL পর্যন্ত NaOH দ্রবণ যোগ করলে বর্ণের পরিবর্তন পাওয়া যাবে, **ফলে টাইট্রেশনে ভুল হবে।** 0.1M NaOH দ্বারা 0.1M অ্যাসিটিক এসিডের টাইট্রেশনে রেখাচিত্র ১০.৩-এ দেখানো হয়েছে।




1 ও 5 mL এর মধ্যে ক্রম পরিবর্তন ব্যবহৃত 0.1 M NaOH এর আয়তন (mL)

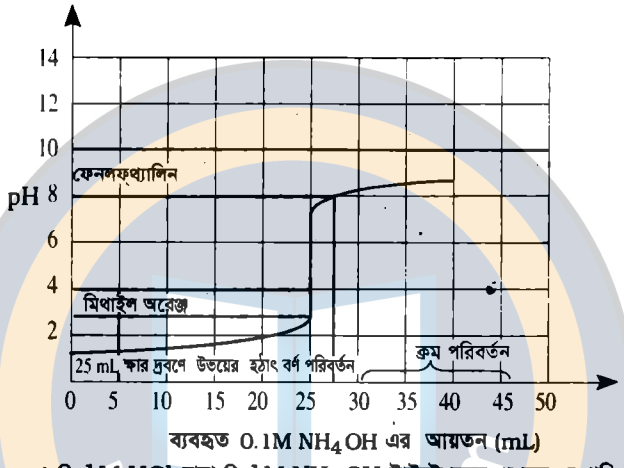
চিত্র ১০.৩ ঃ 0. 1M NaOH দ্বারা 0.1M অ্যাসিটিক এসিডের টাইট্রেশনের প্রশম রেখাচিত্র।

**(গ) তীব্র এসিডকে মৃদু ক্ষারক দ্বারা টাইট্রেশন ঃ** যখন কোন তীব্র এসিডকে মৃদু ক্ষারক দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়, তখন যে লবণ উৎপন্ন হয়, তা জলীয় দ্রবণে আংশিক আর্দ্র বিশ্লেষিত থাকে। এর ফলে দ্রবণে কিছুটা মৃদু

http://pdfcorner.com

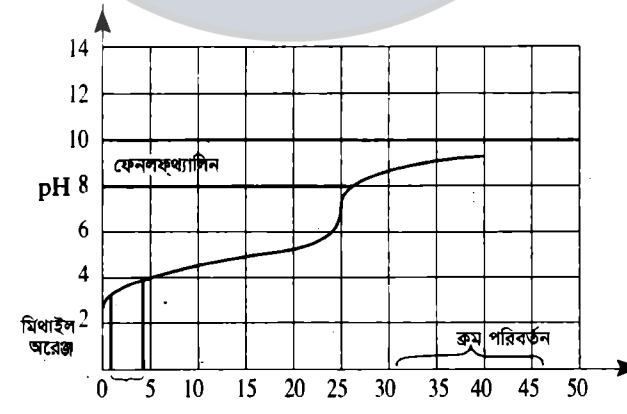
ক্ষারক ও তীব্র এসিড উৎপন্ন হয়, ফলে তুল্যতা বিন্দুতে দ্রবণ কিছুটা অম্লীয় হয় অর্থাৎ দ্রবণের pH এর মান 7 এর নিচে হয়। এসিড ও ক্ষারকের শক্তির পার্থক্য এবং দ্রবণের ঘনমাত্রার উপর তুল্যতা বিন্দুতে দ্রবণের pH নির্ভর করে, তবে তা অবশ্যই 7 এর নিচে হয়।

যেমন, 0.1M HCl দ্বারা 0.1M $NH_4OH$ দ্রবণের টাইট্রেশনে তুল্যতা বিন্দুতে pH এর মান প্রায় 5 হয়। তুল্যতা বিন্দু অতিক্রমকালে pH এর মান **3.5 থেকে 7.0 পর্যন্ত** পরিবর্তিত হয়। সুতরাং মিথাইল রেড (pH বিস্তার 4.2 – 6.3), মিথাইল অরেঞ্জ (pH বিস্তার 3.1– 4.4) এ ধরনের টাইট্রেশনে উৎকৃষ্ট নির্দেশক। অপরদিকে ফেনলফথ্যালিন (pH বিস্তার 8.3 – 10.0) প্রভৃতি নির্দেশক ব্যবহার করা হলে টাইট্রেশনে অনেক ভুল হবে। এ ধরনের টাইট্রেশনের প্রশমন রেখাচিত্র ১০.৪–এ দেয়া হয়েছে।




চিত্র ১০.৪ ঃ 0.1M HCl দ্বারা 0.1M $NH_4OH$ টাইট্রেশনের প্রশমন রেখাচিত্র।

**(ঘ) মৃদু এসিডকে মৃদু ক্ষারক দ্বারা টাইট্রেশন ঃ** মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারকের পারস্পরিক টাইট্রেশন করার সময় দ্রবণের pH এর মান অতি ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয়। এমনকি প্রশমনের শেষ পর্যায়েও pH এর তেমন কোন পরিবর্তন হয় না। কনিকেল ফ্লাস্কে 25 mL 0.1M $CH_3COOH$ দ্রবণ নিয়ে 0.1 $NH_4OH$ দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে চিত্র ১০.৫–এ প্রদর্শিত প্রশম রেখাচিত্র পাওয়া যায়। কোন নির্দেশকই উপযুক্ত নয়।




চিত্র ১০.৫ ঃ 0. 1M $NH_4OH$ দ্বারা 0.1M $CH_3COOH$ টাইট্রেশনের প্রশম রেখাচিত্র।

http://pdfcorner.com

সারণি ১০.৩ ঃ বিভিন্ন টাইট্রেশনে উপযোগী নির্দেশক।

| টাইট্রেশনে ব্যবহৃত এসিড ও ক্ষারক | সংশ্লিষ্ট টাইট্রেশনের উপযোগী নির্দেশক | তুল্যতা বিন্দুতে pH পরিবর্তনের বিস্তার |
|---|---|---|
| ১। তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারক যেমন HCl দ্রবণ ও NaOH দ্রবণ | যে কোন নির্দেশক যেমন মিথাইল অরেঞ্জ | 3.1 – 9.7 |
| ২। মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারক যেমন $CH_3COOH$ ও NaOH দ্রবণ | ফেনলফথ্যালিন, থাইমলথ্যানিল | 6 – 11 |
| ৩। তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারক যেমন HCl দ্রবণ ও $NH_4OH$ দ্রবণ | মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড | 3.5 ~ 7 |
| ৪। মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারক যেমন $CH_3COOH$ ও $NH_4OH$ দ্রবণ | কোন নির্দেশকই উপযোগী নয়। | pH অতি ধীরে পরিবর্তন |

## ১০.১৩। লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ
### Salt Hydrolysis

অধিকাংশ লবণ যেমন NaCl, KCl, $NaNO_3$, $KNO_3$ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে নিরপেক্ষ দ্রবণ তৈরি করে। অনেক লবণের জলীয় দ্রবণ অম্লীয় অথবা ক্ষারীয় হয়। অসমশক্তির অম্ল ও ক্ষারক থেকে উৎপন্ন লবণের ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন পানির সাথে ক্রিয়া করে যথাক্রমে অম্লধর্মী বা ক্ষার ধর্মী জলীয় দ্রবণ তৈরি করে থাকে। এরূপ বিক্রিয়াকে লবণের **আর্দ্র বিশ্লেষণ** বলা হয়। নিম্নোক্ত দু প্রকারে আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে।

**(ক) যেসব লবণ দুর্বল ক্ষারক ও সবল অম্ল থেকে উৎপন্ন, তারা দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে।** যেমন–

**উদাহরণ–১।** কপার সালফেট ($CuSO_4$) হল দুর্বল ক্ষারক $Cu(OH)_2$ ও সবল অম্ল $H_2SO_4$ এর লবণ। এটি পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় প্রথমে $Cu^{2+}$ আয়ন ও $SO_4^{2-}$ আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে $Cu^{2+}$ আয়ন পানির সাথে নিম্ন সমীকরণ মতে বিক্রিয়া করে দ্রবণে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ($H_3O^+$) বৃদ্ধি করে।

$$CuSO_4\,(s) + aq \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$Cu^{2+}\,(aq) + 4H_2O(\ell) \rightleftharpoons Cu(OH)_2(aq) + \boxed{2H_3O^+(aq)}$$

ফলে দ্রবণে $H_3O^+$ আয়নের সংখ্যা বাড়ার কারণে দ্রবণে pH এর মান 7 এর চেয়ে কম হয়; অর্থাৎ $CuSO_4$ এর দ্রবণটি অম্লীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে **ক্যাটায়নিক আর্দ্রবিশ্লেষণ** বলা হয়।

**উদাহরণ–২।** অনুরূপভাবে, $NH_4Cl$ হল দুর্বল ক্ষারক $NH_4OH$ ও সবল অম্ল HCl এর লবণ। এটি পানিতে প্রথমে আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে $NH_4^+$ আয়নের আর্দ্রবিশ্লেষণ নিম্নরূপে ঘটে এবং দ্রবণটি অম্লীয় হয়।

$$NH_4Cl\,(s) + aq \longrightarrow NH_4^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

$$NH_4^+\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons NH_3\,(aq) + \boxed{H_3O^+\,(aq)}$$

অনুরূপভাবে **$NH_4NO_3$, $AgNO_3$, $ZnCl_2$** ইত্যাদি লবণ আর্দ্রবিশ্লেষণ দ্বারা অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে।

**(খ) যে সব লবণ সবল ক্ষারক ও দুর্বল অম্ল থেকে উৎপন্ন, তারা দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ তৈরি করে।** যেমন,

**উদাহরণ–৩।** সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) হল সবল ক্ষারক NaOH ও দুর্বল অম্ল কার্বনিক এসিড ($H_2CO_3$) এর লবণ। এটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে প্রথমে $Na^+$ আয়ন ও $CO_3^{2-}$ আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে কার্বনেট ($CO_3^{2-}$) আয়ন পানির সাথে নিম্ন সমীকরণ মতে বিক্রিয়া করে দ্রবণে $OH^-$ আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করে।

http://pdfcorner.com

$$Na_2CO_3\,(s) + aq \longrightarrow 2Na^+\,(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$
$$CO_3^{2-}\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons HCO_3^-\,(aq) + \boxed{OH^-\,(aq)}$$
$$HCO_3^-\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons H_2CO_3\,(aq) + \boxed{OH^-\,(aq)}$$

ফলে দ্রবণে $OH^-$ আয়নের সংখ্যা বাড়ার কারণে দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে বেড়ে যায়; অর্থাৎ $Na_2CO_3$ এর দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে **অ্যানায়নিক আর্দ্রবিশ্লেষণ** বলা হয়।

অনুরূপভাবে, $Na_2S$, $Na_3PO_4$, $K_2CO_3$, KCN, $CH_3COONa$ ইত্যাদি লবণ আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা ক্ষারীয় দ্রবণ তৈরি করে।

## ১০.১৪। বাফার দ্রবণ (বা প্রতিরোধক দ্রবণ)
### Buffer Solution

একটি পাত্রে জ্ঞাতমাত্রার এসিড বা ক্ষারকের দ্রবণ রেখে দিলে বায়ুর $CO_2$ বা পাত্রের অবিশুদ্ধির ফলে বা কাচপাত্র থেকে সিলিকেট দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণের pH এর মান ধীরে ধীরে পরিবর্তিত করে। এছাড়া সাধারণত কোন দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক মিশালে ঐ দ্রবণের $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা বা pH এর মান যথেষ্ট পরিবর্তিত হয়ে যায়। সুতরাং এরূপ একটি দ্রবণের প্রয়োজন যার pH সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক মিশালেও পরিবর্তিত হয় না। এরূপ দ্রবণকে "বাফার দ্রবণ" বলা হয়। **বাফার দ্রবণের সংজ্ঞা** নিম্নরূপ ঃ

**বাফার দ্রবণ ঃ যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারকের দ্রবণ যোগ করার পরও দ্রবণের pH এর মান অপরিবর্তিত থাকে (অর্থাৎ যে দ্রবণের নিজস্ব pH স্থির রাখার ক্ষমতা থাকে), তাকে বাফার দ্রবণ বলে।**

সুতরাং কোন দ্রবণের **pH** পরিবর্তনের প্রতিরোধ করার ক্ষমতাকে সে দ্রবণের **বাফার ক্ষমতা (Buffer capacity) বলে**। কোন দ্রবণের সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক যোগ করলে সে দ্রবণের pH পরিবর্তনে বাধা দেয়ার ক্রিয়াকৌশল বা প্রক্রিয়াকে **বাফার ক্রিয়া (Buffer action)** বলে।

অম্লীয় বাফার দ্রবণের $p^H$ সাধারণত 3.7 থেকে 5.6 এর মধ্যে থাকে। ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের $p^H$ সাধারণত 8.5 থেকে 10.0 এর মধ্যে থাকে।

**উদাহরণ ঃ** বাফার দ্রবণ অম্লীয় প্রকৃতির ও ক্ষারকীয় প্রকৃতির— এই দু প্রকৃতির হতে পারে। অম্লীয় বাফার–এর উদাহরণ হল অ্যাসিটিক এসিড ($CH_3COOH$) ও সোডিয়াম অ্যাসিটেট ($CH_3COONa$) দ্রবণের মিশ্রণ। অপরদিকে ক্ষারকীয় বাফার এর উদাহরণ হল $NH_4OH$ ও $NH_4Cl$ দ্রবণের মিশ্রণ।

**প্রস্তুতি ঃ** (ক) অম্লীয় বাফার দ্রবণগুলো সাধারণত মৃদু এসিড ও ঐ এসিডের সাথে তীব্র ক্ষার সহযোগে সৃষ্ট লবণ হতে হয়; যথা ঃ $CH_3COOH$ ও $CH_3COONa$ দ্রবণের মিশ্রণ। (খ) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণগুলো মৃদু ক্ষারক ও ঐ ক্ষারকের সাথে তীব্র এসিড সহযোগে সৃষ্ট কোন লবণ হতে হয়; যথা ঃ $NH_4OH$ ও $NH_4Cl$ দ্রবণের মিশ্রণ দ্বারা বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

## ১০.১৫। বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল
### Mechanism of Buffer Solution

**বাফার ক্রিয়া ঃ** যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া বা ক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে কোন বাফার দ্রবণ স্বল্প মাত্রায় এসিড বা ক্ষারক দ্রবণ মিশ্রিত করার পরও এর $p^H$ পরিবর্তন প্রতিরোধ করে তাকে **বাফার ক্রিয়া** বলে।

### (১) অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল

অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করার জন্য ইথানোয়িক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিড ($CH_3COOH$) ও সোডিয়াম ইথানোয়েট বা অ্যাসিটেট ($CH_3COONa$) দ্বারা প্রস্তুত **অম্লীয় প্রকৃতির** বাফার দ্রবণটি বর্ণনা করা যায়। এ বাফার দ্রবণের উপাদানদ্বয় দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়ে থাকে।

$$CH_3COOH\,(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$ (মৃদু এসিড, তাই সামান্য বিয়োজিত হয়।)
$$CH_3COONa(aq) \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$ (আয়নিক লবণ, তাই সম্পূর্ণ বিয়োজিত হয়।)

http://pdfcorner.com

**(ক) অল্পমাত্রায় এসিড সংযোগ ঃ**

যদি সামান্য পরিমাণ এসিড অর্থাৎ $H^+$ আয়ন এই বাফার দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন প্রদত্ত $H^+$ আয়নগুলো দ্রবণে বিদ্যমান $CH_3COO^-$ আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে নিম্নরূপে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য $CH_3COOH$ অণু উৎপন্ন করে।

$$H^+(aq) + CH_3COO^-(aq) \longrightarrow CH_3COOH(aq)$$

যেহেতু অ্যাসিটিক এসিড মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য, তাই অ্যাসিটিক এসিড অতি সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়; (বিশেষ করে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে) সেহেতু ঐ বাফার দ্রবণে প্রদত্ত অম্ল বা এসিড দ্বারা $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা বাড়ে না। অর্থাৎ pH এর মান প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

**(খ) অল্প মাত্রায় ক্ষারক সংযোগ ঃ**

সামান্য পরিমাণ ক্ষারক অর্থাৎ $OH^-$ আয়ন এই বাফার দ্রবণটিতে যোগ করলে প্রদত্ত $OH^-$ আয়নগুলো দ্রবণে বিদ্যমান $H^+$ এর সাথে বিক্রিয়া করে অতীব মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পানি অণু ($H_2O$) সৃষ্টি করে। তখন ইথানোয়িক এসিডের সাম্যাবস্থা ডানদিকে সরে গিয়ে $H^+$ আয়ন তৈরি করে বিক্রিয়ারত $H^+$ আয়নের অভাব পূরণ করে।

$$OH^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

$$CH_3COOH + aq \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

অতএব দেখা যায় যে, বাফার দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক হিসেবে যথাক্রমে $H^+$ আয়ন অথবা $OH^-$ আয়ন এর যে কোন একটি যোগ করা হোক না কেন, তা বাফার দ্রবণের উপাদানের আন্তঃক্রিয়ার ফলে অপসারিত হয় এবং কোন ক্ষেত্রেই $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা তথা pH এর মান বিশেষ পরিবর্তিত হয় না।

**(২) ক্ষারকীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল ঃ**

যদি বাফার দ্রবণটি মৃদু ক্ষারক যেমন $NH_4OH$ ও তার লবণ যেমন $NH_4Cl$ সমবায়ে গঠিত হয় তবে

$$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$NH_4Cl(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

**(ক) অল্প মাত্রায় এসিড সংযোগ ঃ** এ দ্রবণে তীব্র এসিড যোগ করা হলে তা অ্যামোনিয়াম লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। $H^+(aq) + NH_4OH(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(l)$ (প্রায় অবিয়োজিত)

**(খ) অল্প মাত্রায় ক্ষারক সংযোগ ঃ** এ দ্রবণে তীব্র ক্ষারক যোগ করলে লবণ ও $NH_4OH$ উৎপন্ন হয়।

$$OH^-(aq) + NH_4^+(aq) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) \text{ (সামান্য বিয়োজিত)}$$

সুতরাং এ দ্রবণে তীব্র অম্ল বা তীব্র ক্ষারক যাই যোগ করা হোক না কেন, ঐ মিশ্রিত অম্ল বা ক্ষারকের পরিমাণ বেশি না হলে তখন $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা বা pH এর বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না।

## ১০.১৬। বাফার দ্রবণের pH গণনা ঃ হেন্ডারসন সমীকরণ
## Calculation of pH of a Buffer Solution : Henderson Equation

**(ক) অম্লীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ ঃ** অম্লীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণে যেমন, $CH_3COOH$ ও $CH_3COONa$ এর মিশ্রণে মৃদু অম্ল যেমন, $CH_3COOH$ থাকে। মৃদু অম্লটি নিম্নরূপে আয়নিত হয়।

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

এক্ষেত্রে ভরক্রিয়ার সূত্র প্রয়োগ করে নিম্নরূপে লেখা যায়।

$$K_a = \frac{[H^+] \times [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]};$$

$$\text{বা, } [H^+] = \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]};$$



http://pdfcorner.com

এক্ষেত্রে $CH_3COOH$ হল মৃদু অম্ল। তাই এটি জলীয় দ্রবণে কম আয়নিত হয়। আবার তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য $CH_3COONa$ এর উপস্থিতিতে এর বিয়োজন আরও হ্রাস পায়। তাই অবিয়োজিত [ $CH_3COOH$ ] এর মান $CH_3COOH$ এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার প্রায় কাছাকাছি থাকে। অপরদিকে [$CH_3COO^-$] এর মান এর লবণের অর্থাৎ $CH_3COONa$ এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার সমান হবে। সুতরাং পূর্বের সমীকরণটিকে নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$[H^+] = K_a \times \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]} ;$$

$$\text{বা, } \log [H^+] = \log K_a + \log \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]} ;$$

$$\text{বা, } -\ pH = -\ pK_a - \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} ; \quad \because \log \frac{A}{B} = -\log \frac{B}{A}$$

$$\text{বা, } \boxed{pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} ;}$$

**এই সমীকরণটিকে হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ** (Henderson Hasselbach equation) বলে।

এ সমীকরণের সাহায্যে **অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH** গণনা করা যায়।

**হেন্ডারসন সমীকরণের প্রয়োগ ঃ** হেন্ডারসন সমীকরণের সাহায্যে–

(১) অজানা pH এর বাফার দ্রবণের pH গণনা করা যায়।

(২) নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে সংশ্লিষ্ট মৃদু অম্ল ও এর লবণের দ্রবণ কত মোলার অনুপাতে মিশ্রিত করা দরকার তা গণনা করা যায়।

**(খ) ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ ঃ** ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণ যেমন $NH_4OH$ এবং $NH_4Cl$ এর মিশ্রণে মৃদু ক্ষার যেমন $NH_4OH$ নিম্নরূপে আয়নিত হয় ঃ

$$NH_4OH\ (aq) \rightleftharpoons NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

এক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক, $K_b = \dfrac{[NH_4^+] \times [OH^-]}{[NH_4OH]}$

$$\text{বা, } [OH^-] = \frac{K_b \times [NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$\text{বা, } \log [OH^-] = \log K_b + \log \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$\text{বা, } -\log [OH^-] = -\log K_b - \log \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$\text{বা, } pOH = pK_b - \log \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$\text{বা, } (14 - pH) = pK_b + \log \frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]}$$

$$\text{বা, } pH = 14 - pK_b - \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষারক}]}, \quad \because pOH = 14 - pH$$

এ সমীকরণের সাহায্যে **ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH** গণনা করা যায়।

http://pdfcorner.com

## ১০.১৭। হেন্ডারসন সমীকরণভিত্তিক বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি
### Preparation of Buffer Solution according to Henderson Equation

(১) কোন নির্দিষ্ট pH বিশিষ্ট অম্লীয় বাফার দ্রবণ তৈরি করতে হলে ঐ pH এর কাছাকাছি $pK_a$ বিশিষ্ট একটি অম্ল ও তার লবণ গ্রহণ করতে হবে। যেমন মৃদু এসিডের সাথে এর লবণটি হতে হবে তীব্র ক্ষারকের। হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ অনুযায়ী অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের সমীকরণ নিম্নরূপ।

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} ;$$

এখানে [লবণ] ও [অম্ল] যথাক্রমে লবণ ও অম্লের ঘনমাত্রা নির্দেশ করে।

(২) [লবণ]/[অম্ল] এর অনুপাত 1 হলে সবচেয়ে ভাল হয়, কেননা তখন বাফার ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি হয়।

(৩) দ্রবণের pH এর মান $pK_a$ এর মানের যত নিকটে হবে, ঐ বাফার দ্রবণের কার্যকারিতা ততই অধিক হবে। তবে এ অনুপাত 10 থেকে 0.1 পর্যন্ত রাখা যায়। অর্থাৎ pH এর মান $pK_a = +1$ থেকে $pK_a = -1$ অর্থাৎ 2 pH একক এ সীমানার মধ্যে থাকে।

**উদাহরণ ১১। (ক) 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড ও 0.1 M সোডিয়াম অ্যাসিটেট বিশিষ্ট বাফার দ্রবণের pH হিসাব কর। (খ) উক্ত দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কত? [$K_a = 1.0 \times 10^{-5}$] [ঢা. বো. ২০০১]**

**সমাধান ঃ** (ক) হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ থেকে আমরা জানি,

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} ; \quad \text{প্রশ্নমতে, এখানে } K_a = 1.0 \times 10^{-5} ।$$

সুতরাং $pK_a = -\log K_a = -\log 1.0 \times 10^{-5} = -(\log 1 + \log 10^{-5}) = -(0 - 5) = 5$

প্রশ্নমতে, [লবণ] = 0.1 ; এবং [অম্ল] = 0.1 ; এখন মান বসিয়ে পাই–

$$\therefore \quad pH = 5 + \log \frac{0.1}{0.1} = 5 + \log 1 = (5 + 0) = 5 \quad \textbf{(উত্তর)}$$

(খ) আবার $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-5}$

$= 10^{-5}\ molL^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ১২। 25°C বা, 298 K তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক এসিডের $pK_a = 4.76$ । 5.0 pH–এর বাফার দ্রবণ কীভাবে প্রস্তুত করা যায়?**

**সমাধান ঃ** হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ মতে, $pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$

$$\text{বা,} \quad \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = pH - pK_a = 5.0 - 4.76 = 0.24$$

$$\text{বা,} \quad \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = \text{anti log } 0.24 = 1.738 = \frac{1.738}{1.0}$$

অর্থাৎ এমন পরিমাণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক এসিড নিতে হবে যেন তাদের মোলের অনুপাত 1.738 হয়। যেমন 1.738 mol সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও 1 mol অ্যাসিটিক এসিড 1L দ্রবণে দ্রবীভূত করলে উপরোক্ত দ্রবণ তৈরি হবে।

**উদাহরণ ১৩। 4.0 pH এর বাফার দ্রবণ তৈরি করতে 60 mL 0.05M ফরমিক এসিডের দ্রবণে কত mL 0.1M সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণ যোগ করতে হবে? [HCOOH এর $pK_a = 3.8$] [সি. বো. ২০০১]**

**সমাধান ঃ** হেন্ডারসন সমীকরণ মতে, $pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$

http://pdfcorner.com

মনে করি, x mL 0.1M সোডিয়াম ফরমেট (HCOONa) প্রয়োজন।

$\therefore$ x mL 0. 1M HCOONa লবণের দ্রবণে HCOONa এর মোলসংখ্যা $= \frac{0.1 \times x \text{ mol}}{1000}$

$= 0.0001x$ mol

60 mL 0.05 M HCOOH এসিড দ্রবণে HCOOH এর মোলসংখ্যা $= \frac{0.05 \times 60}{1000} = 0.003$ mol

প্রশ্নমতে, দ্রবণের pH = 4 এবং HCOOH এসিডের $pK_a = 3.8$; এখন সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে পাই,

$4 = 3.8 + \log\frac{0.0001x}{0.003}$ ; বা, $\log\frac{0.0001x}{0.003} = 4 - 3.8 = 0.2 = \log 1.5849$

বা, $0.0001x = 0.003 \times 1.5849$

$\therefore \quad x = \frac{0.003 \times 1.5849}{0.0001}$ mL = 47.547 mL = 47.55 mL (প্রায়)

$\therefore$ সোডিয়াম ফরমেট প্রয়োজন 47.55 mL (প্রায়) **(উত্তর)**

**উদাহরণ ১৪। 10 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 4 mL 0.1M NaOH দ্রবণ যোগ করলে উৎপন্ন দ্রবণের pH কত হবে? [ $pK_a = 4.76$ ]**

**সমাধান ঃ** 4 mL 0.1M NaOH দ্রবণ 4 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে 4 mL 0.1 M সোডিয়াম অ্যাসিটেট তৈরি করবে।

$$\underset{0.1M}{CH_3COOH} + \underset{0.1M}{NaOH} \longrightarrow \underset{0.1M}{CH_3COONa} + H_2O$$

সুতরাং (10 – 4) = 6 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড অবশিষ্ট থাকবে। অর্থাৎ লবণ ও এসিডের ঘনমাত্রার অনুপাত 4 ঃ 6 হবে। হেন্ডারসন সমীকরণ থেকে পাই,

$$pH = pK_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$$

$= 4.76 + \log\frac{4}{6} = (4.76 + \log 4 - \log 6) = (4.76 + 0.602 - 0.778)$ (log টেবিল থেকে)

$= 4.584$ **(উত্তর)**

## ১০.১৮। pH নিয়ন্ত্রণ ও বাফার দ্রবণের গুরুত্ব
## pH Control and Importance of Buffer Solution

বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, কৃষি ক্ষেত্রে, শিল্প ক্ষেত্রে ও রাসায়নিক বিশ্লেষণে pH এর মান নিয়ন্ত্রণ করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। প্রোটন স্থানান্তর ঘটিত বিক্রিয়ার সাম্য ও গতিবিদ্যা অধ্যয়নে pH এক তাৎপর্যপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। যেমন,

**(ক) জীবদেহে বাফার দ্রবণের গুরুত্ব ঃ (i) প্রোটিন সংশ্লেষণে ঃ** জীবদেহে প্রোটিন বিভিন্ন অ্যামিনো এসিড ($H_2\dot{N}$–CHR–COOH) দ্বারা তৈরি হয়। এ সব অ্যামাইনো এসিড প্রাণ–রাসায়নিক বিক্রিয়ায় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। অ্যামাইনো এসিডের এক প্রান্তে– $NH_2$ গ্রুপ থাকাতে তা ক্ষারীয়। অপরপ্রান্তে –COOH গ্রুপ থাকাতে তা অম্লীয়। কোন দ্রবণের pH এর মানের উপর নির্ভর করে এগুলো অম্লীয় দ্রবণে ধনাত্মক আয়ন (যেমন $^+NH_3$–CHR–COOH); ক্ষারীয় দ্রবণে ঋণাত্মক আয়ন (যেমন $NH_2$–CHR–$COO^-$); কিন্তু নিরপেক্ষ দ্রবণে বা pH 7 বিশিষ্ট কোন দ্রবণে জুইটার আয়ন (যেমন, $^+NH_3CHR–COO^-$) হিসাবে থাকে। ফলে এদের কার্যকারিতা ও ক্রিয়া–কৌশল দ্রবণের নির্দিষ্ট pH বা বাফার ক্রিয়ার উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল।

http://pdfcorner.com

**অম্লীয় মাধ্যমে ধনাত্মক** : $(H_2\dot{N}–CHR–COOH) \xrightarrow[H^+]{pH<7} H_3\overset{+}{N}–CHRCOOH$

অ্যামাইনো এসিড — ধনাত্মক আয়ন

**ক্ষারীয় মাধ্যমে ঋণাত্মক আয়ন** : $H_2\dot{N}CHR–COOH \xrightarrow[OH^-]{pH>7} H_2NCHR–COO^- + H_2O$

অ্যামাইনো এসিড — ঋণাত্মক আয়ন

**নিরপেক্ষ মাধ্যমে জুইটার আয়ন** : $H_2\dot{N}CHR–COOH \xrightarrow[H_2O]{pH=7} H_3\overset{+}{N}CHR–COO^-$

অ্যামাইনো এসিড — জুইটার আয়ন

**(ii) জীবদেহের বিভিন্ন তরল হল বাফার দ্রবণ :** প্রতিটি জীবদেহে রক্ত এবং অন্যান্য তরল অংশ এমনভাবে গঠিত যে তাদের বাফার ক্ষমতা আছে। এর ফলে অ্যামাইনো এসিডসমূহ সুনির্দিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বিভিন্ন জৈবিক রাসায়নিক কাজ সম্পন্ন করে।

**(ক) দেহের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH** নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকে। দেহের বিভিন্ন তরল পদার্থের মধ্যে **রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার** দ্রবণ; স্বাভাবিক অবস্থায় রক্তের pH = 7.4 এর কাছাকাছি থাকে। তাই রক্ত সামান্য ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণ। তবে রক্তের pH কোন কারণে 0.5 এর বেশি পরিবর্তিত হলে জীবন সংকটাপন্ন হয়। তবে বিভিন্ন কারণে রক্তের pH এর মান 7 থেকে 7.8 এর মধ্যে পরিবর্তিত হতে পারে।

**রক্তের বাফার ক্রিয়া :** রক্তে ফসফেট ($PO_4^{3-}$) আয়ন, বাইকার্বনেট ($HCO_3^-$) আয়ন ও প্রোটিন (ক্ষারক) বাফার ক্রিয়ায় অংশ নেয়।

**রক্তে বাইকার্বনেট-কার্বনিক এসিড বাফার বিদ্যমান।** অম্লজাতীয় খাদ্য যেমন অধিক লেবুর রস গ্রহণে রক্তে কোন এসিড জাতীয় দ্রবণ শোষিত হলে তা নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুসারে প্রশমিত হয়।

$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3$। উৎপন্ন কার্বনিক এসিড ($H_2CO_3$) পানি ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে বিযোজিত হয়। কার্বন ডাইঅক্সাইড ফুসফুসের মাধ্যমে প্রশ্বাসের সাথে নির্গত হয়। অপরদিকে রক্তে কোন ক্ষারীয় দ্রবণ শোষিত হলে বা ঔষধরূপে যোগ করলে তা নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুসারে প্রশমিত হয়।

$$OH^- + H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H_2O$$

যে সকল ওষুধ ইনজেকশন রূপে মানবদেহে প্রয়োগ করা হয় তাদেরকে এমনভাবে তৈরি করে নেয়া হয়, যাতে এরা সহজেই রক্তের সাথে সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং রক্তের pH এর কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটায়।

মানবদেহের অন্যান্য তরলের যেমন মুখের লালা বা স্যালিভার pH = 6.35 ~ 6.68, মাতৃদুগ্ধের pH = 6.6 ~ 6.9, প্রস্রাবের pH = 4.8 ~7.5 (স্বাভাবিক সামান্য ক্ষারীয় বা অম্লীয়), চোখের পানির pH = 4.8 ~ 7.5 হয়ে থাকে।

**(খ) কৃষি উৎপাদনে pH এর ভূমিকা :** কৃষি উৎপাদনে ও মাটির pH নিয়ন্ত্রণ গুরুত্বপূর্ণ। মাটির pH একটি সুনির্দিষ্ট সীমার মধ্যে হলেই গাছপালা মাটি থেকে প্রয়োজনীয় খাদ্য গ্রহণ করতে পারে, নতুবা নয়। pH এর মান 3 এর চেয়ে কম হলে অর্থাৎ মাটি অধিক অম্লীয় হলে গাছপালা মরে যেতে পারে। যেমন, এসিড বৃষ্টির ফলে pH এর মান হ্রাস পাওয়ায় অনেক স্থানে গাছপালা মরে গিয়ে মরুপ্রক্রিয়া সৃষ্টি হয়। লালমনিরহাট এলাকার অম্লধর্মী মাটিতে চুন (CaO) ও ডলোমাইট ($CaCO_3.MgCO_3$) গুঁড়া দেয়ার পর ঐ মাটির pH বৃদ্ধি পায়। ফলে ঐ মাটিতে গম, ভূট্টা, চীনাবাদাম চাষ করা সম্ভব হচ্ছে। আবার ক্ষারকীয় মাটির বেলায় মাটির pH এর মান 9.5 এর উপরে হলে মাটির উর্বরতা বিনষ্ট হয়। কারণ তখন মাটির উর্বরতা সহায়ক অণুবীজ মরে যায়।

সুতরাং কৃষি জমিতে মাটির pH এর বিস্তার কৃষি কাজের অবস্থাভেদে বিভিন্ন অঞ্চলে 3 ~9.5 এর মধ্যে রাখা হয়।

http://pdfcorner.com

তাই (১) **অম্লধর্মী মাটির pH** বাড়াতে চুন এবং ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতির বিভিন্ন সার ব্যবহৃত হয়। অপরদিকে (২) **ক্ষারকীয় মাটির pH** কমাবার জন্য বিভিন্ন নাইট্রেট সার যেমন, $KNO_3$, $NH_4NO_3$ এবং ফসফেট সার যেমন টি. এস. পি ও সুপার ফসফেট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

**(গ) বিভিন্ন শিল্প প্রক্রিয়ায়ও pH এর অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে।** বিভিন্ন ওষুধ উৎপাদনে, ফার্মেন্টেশন বা গাঁজন প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপাদনে, বেকারিতে লজেন্স জাতীয় মিষ্টি দ্রব্য প্রস্তুতিতে, কলমের কালি প্রস্তুতিতে, তৈল-ফেনা ভাসমান পদ্ধতি দ্বারা আকরিক গাঢ়ীকরণ ইত্যাদি প্রক্রিয়ায় pH এর প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট মান রক্ষা করা অতীব প্রয়োজন। এ ছাড়া চামড়ার ট্যানিং, বায়োলজিক্যাল কালচার প্রস্তুতিতে, মৃত্তিকা রসায়নে pH এর নিয়ন্ত্রণ গুরুত্বপূর্ণ।

**(ঘ) রাসায়নিক বিশ্লেষণেও** pH নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। উদাহরণস্বরূপ অজৈব গুণগত বিশ্লেষণে গ্রুপ IIIA এর আয়নসমূহের অধঃক্ষেপকরণের সময় $NH_4Cl + NH_4OH$ বাফার দ্রবণ ব্যবহার করা হয়; যেন শুধুমাত্র $Fe^{3+}$, $Al^{3+}$, $Cr^{3+}$ আয়ন অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অন্যান্য আয়ন দ্রবণে থেকে যায়।

**(ঙ) রাসায়নিক মাত্রিক বিশ্লেষণেও** অনেক টাইট্রেশনের সময় দ্রবণের pH নিয়ন্ত্রণ খুবই জরুরি এবং বিভিন্ন বাফার দ্রবণ দ্বারা তা করা হয়। উদাহরণস্বরূপ* EDTA দ্বারা টাইট্রেশন করে দ্রবণে বিভিন্ন ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয় pH এর নিয়ন্ত্রণ ছাড়া সম্ভব নয়। বিভিন্ন বাফার দ্রবণ ব্যবহার করে pH নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

*(EDTA = ethylene diamine tetra acetic acid)

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **ব্রনস্টেড–লাউরি মতবাদ বা প্রোটনীয় মতবাদ ঃ** অম্ল হল এমন পদার্থ (যৌগ বা আয়ন), যা অন্য পদার্থকে প্রোটন দান করতে পারে এবং ক্ষারক হল এমন পদার্থ যা অম্ল থেকে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে।

✪ **অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক ঃ** কোন অম্ল থেকে একটি প্রোটন অপসারণের ফলে যে ক্ষারকের সৃষ্টি হয়, তাকে সে অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক বলা হয়। কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যে অম্লের সৃষ্টি হয়, তাকে সে ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল বলা হয়।

✪ **পানির আয়নিক গুণফল ঃ** পানি অতি সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়। $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ ।. পানিতে $H^+$ ও $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রার গুণফলকে পানির আয়নিক গুণফল বলা হয়। $[H^+] \times [OH^-] = K_w$ । এই ধ্রুবকের মান তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। 25°C তাপমাত্রায় $K_w = 1 \times 10^{-14}$ ধরা হয়।

✪ **pH এর সংজ্ঞা ঃ** কোন দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ($H^+$) ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে। বিশুদ্ধ পানির pH = 7। অম্লীয় দ্রবণে pH এর মান 7 এর নিচে এবং ক্ষারীয় দ্রবণে 7 এর উপরে হয়। $pH = -\log [H^+]$; $pOH = -\log [OH^-]$ । 25°C তাপমাত্রায় সব জলীয় দ্রবণে $pH + pOH = 14$।

✪ **টাইট্রেশন বা অনুমাপন ঃ** একটি নির্দিষ্ট আয়তনের কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের সাথে প্রমাণ দ্রবণের মাত্রিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রমাণ দ্রবণের তুল্য আয়তন নির্ণয়ের মাধ্যমে পরীক্ষাধীন দ্রবণে কোন নির্দিষ্ট দ্রবের পরিমাণ নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বা অনুমাপন বলা হয়।

✪ **প্রশমন বা অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক ঃ** অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের সময় তুল্যতা বিন্দু নির্ধারণের জন্য কতিপয় যৌগ ব্যবহার করা হয়। এ সব যৌগ অম্লীয় মাধ্যমে এক ধরনের বর্ণ দেখায় এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে অন্য ধরনের বর্ণ দেখায়। এ সব যৌগকে প্রশমন বা **অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক বলা হয়।** যেমন মিথাইল অরেঞ্জ।

✪ **বাফার দ্রবণ ঃ** যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক যোগ করার পরও দ্রবণের pH এর মান অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ যে দ্রবণের এর pH স্থির রাখার ক্ষমতা আছে তাকে **বাফার দ্রবণ বলা হয়।** সাধারণত একটি দুর্বল এসিডের সাথে সবল ক্ষারের তার লবণ যোগ করে বা একটি দুর্বল ক্ষারকের সাথে সবল অম্লের তার লবণ যোগ করে বাফার দ্রবণ তৈরি করা হয়।

http://pdfcorner.com

✪ **হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ ঃ** বাফার দ্রবণের pH নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা পাওয়া যায় ঃ

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$$

## অনুশীলনী–১০ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কে অ্যারহেনিয়াস মতবাদ আলোচনা কর। [চ. বো. ২০১১]

(খ) অ্যারহেনিয়াস মতবাদের সীমাবদ্ধতা কী কী?

২। (ক) অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কে ব্রনস্টেড–লাউরির মতবাদ বা প্রোটনীয় মতবাদ উদাহরণসহ বর্ণনা কর।
[ঢা. বো. ২০১১ ; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯; চ. বো. ২০১০ সি. বো. ২০১১, য. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯, ২০১১ ]

(খ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও। [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১১; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১০; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০ ]

(গ) অম্ল–ক্ষারক সম্পর্কিত লুইস মতবাদ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০]

৩। (ক) অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা কী? প্রমাণ কর যে, মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা ঐ অম্ল ও ক্ষারকের দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

(খ) অসৃওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রটি লেখ। লঘুকরণ তত্ত্বের সাহায্যে মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারকের বিযোজন মাত্রার রাশিমালা প্রতিপাদন কর। [দি. বো. ২০১১ ]

৪। (ক) পানির আয়নিক গুণফল বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯; সি. বো. ২০০৭ ]

(খ) দ্রবণের pH বলতে কী বোঝায়? [চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮]

(গ) দ্রবণের pOH বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১০]

৫। পানির আয়নিক গুণফল থেকে pH স্কেল কীরূপে প্রতিষ্ঠিত হয়, তা লেখ। [ঢা. বো. ২০১১;চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

৬। অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলনীতি লেখ। এটি কীভাবে করা হয়? [চ. বো. ২০১০]

৭। (ক) প্রশমন বা অম্ল–ক্ষারক নির্দেশক কী? দুটি নির্দেশকের নাম লেখ। [সি. বো. ২০১০]

(খ) নির্দেশক কী? অম্ল–ক্ষারক নির্দেশক কীরূপে বর্ণ পরিবর্তন করে তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯; য. বো.]

৮। (ক) বাফার দ্রবণ বলতে কী বোঝায়? [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২২০০৯; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮]

(খ) বাফার দ্রবণ কী? অম্লীয় ও ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH ধ্রুব থাকার ক্রিয়া–কৌশল ব্যাখ্যা কর।
[ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০;

http://pdfcorner.com

রা. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০, দি. বো. ২০১১ ]

৯। (ক) অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH গণনা সম্পর্কিত হেন্ডারসন সমীকরণ উপপাদন কর।
[চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯ ]

(খ) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH গণনা সম্পর্কিত সমীকরণটি উপপাদন কর।

১০। (ক) জীবদেহে প্রোটিন সংশ্লেষণে ও বিভিন্ন তরলের বাফার ক্রিয়ার গুরুত্ব উল্লেখ কর।

(খ) pH কী? কৃষি উৎপাদনে pH এর ভূমিকা আলোচনা কর। [ দি. বো. ২০০৯, ২০১১ ]

(গ) শিল্পক্ষেত্রে ও বিশ্লেষণীয় রসায়নে বাফার দ্রবণের গুরুত্ব উল্লেখ কর।

## খ–বিভাগ : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) অম্ল-ক্ষারকের অ্যারহেনিয়াস মতবাদ ও প্রোটনীয় মতবাদের ২টি পার্থক্য লেখ।

(খ) HCl একটি অম্ল তা' ব্রনস্টেড মতবাদ অনুসারে ব্যাখ্যা কর।

২। "$CO_3^{2-}$ আয়ন একটি ক্ষারক" তা ব্যাখ্যা কর।

৩। "$NH_3$ একটি ক্ষারক"–তা ব্যাখ্যা কর।

৪। (ক) HCl এর অনুবন্ধী ক্ষারক কী তা ব্যাখ্যা কর।

(খ) $HSO_4^-$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক এবং $H_2O$ এর অনুবন্ধী অম্লের নাম ও সংকেত লেখ। [ব. বো. ২০০৮]

(গ) $HSO_4^- + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + SO_4^{2-}$ এ সমীকরণে অনুবন্ধী অম্ল–ক্ষারক যুগল চিহ্নিত কর।
[ সি. বো. ২০০৭]

(ঘ) $HCO_3^-$ আয়ন অম্ল ও ক্ষারক উভয় রূপে আচরণ করে; প্রমাণ কর। [য. বো. ২০০৭]

(ঙ) বাইকার্বনেট ($HCO_3^-$) আয়নের অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারকের নাম সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াসহ লেখ।
[ ব. বো. ২০১১]

৫। (ক) অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক কী? তা ব্যাখ্যা কর।

(খ) বিয়োজন ধ্রুবক $K_a$ থেকে অম্লের শক্তিমাত্রার কী ধারণা পাওয়া যায়?

(গ) ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক কী?

(ঘ) ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক $K_b$ থেকে ক্ষারকের শক্তিমাত্রার কী ধারণা পাওয়া যায়?

(ঙ) বিয়োজন ধ্রুবক $K_a$ ও $K_b$ এর একক কী?

(চ) বিয়োজন ধ্রুবক $K_a$ ও $K_b$ এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর।

৬। HX এসিডসমূহের মধ্যে HF সবচেয়ে দুর্বল এসিড; কিন্তু HI সবচেয়ে সবল এসিড—ব্যাখ্যা কর।

৭। (ক) মনোপ্রোটিক অম্ল ও মনোপ্রোটিক ক্ষারক কী? উদাহরণ দাও।

(খ) পলিপ্রোটিক অম্ল ও পলিপ্রোটিক ক্ষারক কী? উদাহরণ দাও।

৮। (ক) CaO এর অম্লত্ব কত তা বিক্রিয়ার সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৭]

(খ) $Fe_2O_3$ এর অম্লত্ব কত তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১০]

(গ) $Fe(OH)_3$ এর অম্লত্ব কত তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব কত তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১০;চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৯। (ক) তীব্র অম্ল ও মৃদু অম্ল বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) HCl একটি তীব্র অম্ল; $CH_3COOH$ একটি মৃদু অম্ল; ব্যাখ্যা কর।

(গ) $H_3PO_4$ ও $HClO_4$ এসিডদ্বয়ের মধ্যে কোন্‌টি অধিক শক্তিশালী এবং কেন? [নিস স.বো. ২০০৯]

(ঘ) $H_3PO_4$ ও $HNO_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক শক্তিশালী এসিড এবং কেন? [ চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৯]

(ঙ) $HNO_3$ ও $HClO_4$ এর মধ্যে কোনটি অধিক তীব্র অম্ল এবং কেন? [দি. বো. ২০১০]

(চ) $H_2SO_3$ ও $H_2SO_4$ এসিডদ্বয়ের মধ্যে কোন্‌টি অধিক শক্তিশালী এসিড এবং কেন?

(ছ) $HNO_3$ ও $H_2SO_4$ এর মধ্যে কোন্‌টি তীব্রতর এসিড এবং কেন? [ সি. বো. ২০১০ ]

১০। (ক) তীব্র ক্ষারক ও মৃদু ক্ষারক বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) NaOH একটি তীব্র ক্ষারক; $NH_4OH$ একটি মৃদু ক্ষারক; ব্যাখ্যা কর।

১১। পানির আয়নিক গুণফলের সমীকরণ লেখ। 25°C তাপমাত্রায় এর মান কত?

১২। (ক) pH এর গাণিতিক সমীকরণ লেখ।

(খ) অম্লীয় দ্রবণের ও ক্ষারীয় দ্রবণের pH পরিসর ও নিরপেক্ষ দ্রবণের pH উল্লেখ কর।

১৩। (ক) বিশুদ্ধ পানিতে পৃথক পৃথকভাবে অল্প অম্ল ও ক্ষারক যোগ করলে pH মানে কীরূপ পরিবর্তন ঘটে?

(খ) বিশুদ্ধ পানিতে $FeSO_4$ দ্রবীভূত করলে দ্রবণের pH কীরূপ হবে, ব্যাখ্যা কর।

(গ) বিশুদ্ধ পানিতে $Na_2CO_3$ দ্রবীভূত করলে দ্রবণের pH কীরূপ হবে, ব্যাখ্যা কর।

১৪। (ক) অম্ল ক্ষারক নির্দেশক কী? দুটি অম্ল ক্ষারক নির্দেশকের নাম এবং অম্ল ও ক্ষারক দ্রবণে বর্ণ পরিবর্তন লেখ। [ সি. বো. ২০০৭; ]

(খ) মিথাইল অরেঞ্জ ও ফেনলফথ্যালিন নির্দেশকের অম্ল ও ক্ষারক দ্রবণে কীরূপ বর্ণ উল্লেখ কর।

১৫। (ক) 0.1M HCl দ্বারা 0.1M NaOH দ্রবণের টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশকের নাম লেখ।

(খ) 0.1M HCl ও 0.1M NaOH টাইটেশনে কীরূপ নির্দেশক উপযুক্ত তা ব্যাখ্যা কর।

১৬। (ক) 0.1M $CH_3COOH$ দ্বারা 0.1M $Na_2CO_3$ দ্রবণের টাইট্রেশনে কোন্ নির্দেশক উপযুক্ত তা উল্লেখ কর এবং তার pH সীমা বা বিস্তার লেখ।

(খ) 0.1M HCl দ্বারা 0.1 $NH_4OH$ দ্রবণের টাইট্রেশনের প্রশমন রেখা অঙ্কন করে দেখাও। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত একটি নির্দেশকের pH বিস্তার উল্লেখ কর।

১৭। (ক) সবল অম্ল ও দুর্বল ক্ষারক টাইটেশনের উপযোগী নির্দেশক নাম ও নির্দেশকের pH বিস্তার লেখ। [ সি. বো. ২০০৭ ]

(খ) সবল অম্ল–সবল ক্ষারক টাইট্রেশনের pH পরিবর্তনের লেখচিত্র আঁক, প্রশমনের pH সীমা চিহ্নিত কর এবং উপযোগী নির্দেশক ও নির্দেশকের pH বিস্তার লেখ।

(গ) দুর্বল অম্ল ও সবল ক্ষারকের টাইটেশনের pH পরিবর্তনের লেখচিত্র আঁক; প্রশমনের pH সীমা চিহ্নিত কর এবং উপযোগী নির্দেশক ও এর pH বিস্তার লেখ।

১৮। (ক) লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ কী?

(খ) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯ ]



http://pdfcorner.com

(গ) $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয় কেন?-ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) $CuSO_4$ এবং NaCl এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

১৯। (ক) হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণটি লেখ।

(খ) হেন্ডারসন সমীকরণের দুটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

২০। (ক) অম্লীয় বাফার দ্রবণ ও ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ-এর উদাহরণ দাও।

(খ) কী কী প্রকারের দ্রবণের সমন্বয়ে বাফার দ্রবণ তৈরি করা হয়?

২১। (ক) দেহের রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার দ্রবণ–ব্যাখ্যা কর। রক্তের স্বাভাবিক pH কত থাকে?

(খ) দেহের রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার দ্রবণ–ব্যাখ্যা কর। বিভিন্ন কারণে রক্তের pH পরিবর্তনের বিস্তার কত হতে পারে?

২২। (ক) উভধর্মী বা অ্যাম্ফোটেরিক পদার্থ বলতে কী বুঝ?

(খ) $H_2O$ হল অম্ল ও ক্ষারক অর্থাৎ উভধর্মী বা অ্যাম্ফিপ্রোটিক যৌগ তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০০৯]

২৩। (ক) কৃষি জমিতে মাটির pH এর বিস্তার সীমা কত হতে পারে?

(খ) অম্লধর্মী মাটির pH বাড়াতে ও ক্ষারধর্মী মাটির pH কমাতে কী কী ব্যবহৃত হয়?

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা-১০

**সমীকরণ ঃ** (১) অম্লীয় দ্রবণের $pH = -\log[H^+]$

(২) ক্ষারীয় দ্রবণের $pH = 14 - pOH$

(৩) অম্লীয় বাফার দ্রবণের $pH = pK_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = -\log K_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$

(৪) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের $pH = 14 - pK_b - \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষারক}]}$

১। (ক) 0.1 M HCl দ্রবণের pH কত? [উঃ 1]

(খ) 0.2 M HCl দ্রবণের pH নির্ণয় কর। [উঃ 0.699]

(গ) 0.025M HCl দ্রবণের pH গণনা কর। [উঃ 1.602]

(ঘ) 0.05 M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH নির্ণয় কর। [উঃ 1] [য. বো. ২০০৯; ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০১১]

(ঙ) 0.1M KOH দ্রবণের pH কত? [উঃ 13]

২। (ক) কোন্ দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা $1.82 \times 10^{-5}$ mol $L^{-1}$ হলে, তার pH এর মান বের কর। [উঃ 4.74 (প্রায়)] [রা. বো. ২০০৮]

(খ) একটি দ্রবণে হাইড্রক্সাইড আয়ন [$\bar{O}H$] এর ঘনমাত্রা $8.4 \times 10^{-4}$ mol $dm^{-3}$ হলে উক্ত দ্রবণের pH এর মান কত? [উঃ 10.92] [চ. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৯]

(গ) কোন্ দ্রবণের $[\bar{O}H] = 3.4 \times 10^{-5}$M হলে ঐ দ্রবণের pH কত? [উঃ 9.5315]

(ঘ) একটি সবল ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা $2 \times 10^{-3}$ molL$^{-1}$ হলে ঐ দ্রবণের pH কত হবে? [উঃ 11.301] [রা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

৩। (ক) পাকস্থলীর রসের pH এর মান 1.4 হলে ঐ রসে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কত?

[ উঃ $3.98 \times 10^{-2}$ $molL^{-1}$ ] [ ব. বো. ২০০৬]

(খ) মানুষের ধমনীর রক্তের pH এর মান 7.4 হলে রক্তে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কত?

[ উঃ $3.98 \times 10^{-8}$ $molL^{-1}$ ]

(গ) কমলা লেবুর রসে pH দেখা গেল 3.80 । কমলা লেবুর রসে $H^+$ এবং $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [ উঃ $1.58 \times 10^{-4}$ $molL^{-1}$ ও $6.3095 \times 10^{-11}$ $molL^{-1}$ ]

[ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০]

৪। (ক) 1M ইথানোয়িক এসিড দ্রবণের pH গণনা কর।[$pK_a = 4.744$ ] [ উঃ 2.372 ]

(খ) 0.1M $CH_3COOH$ দ্রবণের pH গণনা কর।[$pK_a = 4.744$ ] [ উঃ 2.872 ]

[ঢা. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭ ]

৫। কোন্ বাফার দ্রবণে 0.1 $molL^{-1}$ ঘনমাত্রার ইথানোয়িক এসিড এর সাথে 0.1 $molL^{-1}$ সোডিয়াম ইথানোয়েট দ্রবণ মিশানো আছে। ঐ বাফার দ্রবণের pH হিসাব কর। ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$)

[ উঃ 4.7447] [ চ. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১১ ]

৬। কোন্ বাফার দ্রবণে ইথানোয়িক এসিড ও সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা যথাক্রমে 0.1 $molL^{-1}$ এবং 0.15 $molL^{-1}$ হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ইথানোয়িক এসিডের $K_a = 1.77 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$ । [উঃ 4.928]

৭। কোন্ বাফার দ্রবণে ইথানোয়িক এসিডের ঘনমাত্রা 0.10 $molL^{-1}$ এবং সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা 0.20 $molL^{-1}$ আছে। ইথানোয়িক এসিডের $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$ হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH কত হবে? [ উঃ 5.0457]

৮। একটি জলীয় দ্রবণে ইথানোয়িক এসিডের ঘনমাত্রা 0.2 $molL^{-1}$ এবং সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা 0.3 $molL^{-1}$ । ইথানোয়িক এসিডের $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$ $molL^{-1}$ হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় কর। [ উঃ 4.9208]

৯। কোন্ একটি ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে $NH_4OH$ আছে 0.015 $molL^{-1}$ এবং $NH_4Cl$ আছে 0.025 mol $L^{-1}$ । ঐ বাফার দ্রবণের pH কত হবে? $NH_4OH$ দ্রবণের $K_b = 1.77 \times 10^{-5}$ । [উঃ 9.026 ]

১০। pH = 5 বিশিষ্ট একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে ইথানোয়িক এসিড ও সোডিয়াম ইথানোয়েট কী অনুপাতে মিশ্রিত করতে হবে তা নির্ণয় কর। দেয়া আছে $pK_a = 4.8$ । [ উঃ এসিড ঃ লবণ = 0.63 ঃ 1 ]

১১। pH = 4.6 বিশিষ্ট একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে যে অনুপাতে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক এসিড মিশাতে হবে তা নিরূপণ কর। দেওয়া আছে, $pK_a = 4.75$। [ উঃ লবণ ঃ এসিড = 0.708 ঃ 1]

১২। (ক) 15 mL 0.15 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 6 mL 0.15 M NaOH দ্রবণ যোগ করা হল। মিশ্রিত দ্রবণের pH কত হবে? [pKa = 4.76] [উঃ 4.584]

(খ) 25 mL 0.2M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 20 mL 0.2M NaOH দ্রবণ যোগ করা হল। উৎপন্ন বাফার দ্রবণের pH গণনা কর? দেওয়া আছে $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ । [উঃ 5.6021 [সি. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। ব্রনস্টেড–লাউরি অম্ল–ক্ষারক মতবাদে নিম্নোক্ত অম্ল–ক্ষারক সাম্যাবস্থার সমীকরণ পাওয়া যায় ঃ

$$\text{Acid-1} + \text{Base-2} \rightleftharpoons \text{Conjugate base-1} + \text{Conjugate acid-2}$$

একটি নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণ তৈরি করার জন্য 25 mL 0.2 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 20 mL 0.2M NaOH দ্রবণ যোগ করা হল। হেন্ডারসন সমীকরণ মতে নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণ তৈরি এবং বাফার দ্রবণের pH গণনা করা যায়।

(ক) ব্রনস্টেড–লাউরির মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের উদাহরণ সহ সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) ১নং, ২নং ও ৩নং লেভেলযুক্ত টেস্টটিউবে, HCl দ্রবণ, NaOH দ্রবণ ও পানি আছে। অম্ল–ক্ষারক নির্দেশক কী? কোন্ নির্দেশক ব্যবহার করে তুমি ঐ তিনটি রাসায়নিক পদার্থের নিশ্চিতকরণ কীভাবে করবে তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক সমীকরণ মতে, কনজুগেট অম্ল ও কনজুগেট ক্ষারক বলতে কী বুঝ? তোমার পছন্দ মত অম্ল ও ক্ষারক ব্যবহার করে সম্পর্কটি ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, কোন্ এসিড দ্রবণের pH বলতে কী বুঝ? উদ্দীপকের বাফার দ্রবণের pH গণনা কর। দেওয়া আছে $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$। উৎপন্ন বাফার দ্রবণটি অম্লীয় বাফার দ্রবণ হবে নাকি ক্ষারধর্মী বাফার হবে ব্যাখ্যা কর। [উঃ 5.6021] ৪

২। বিজ্ঞানীরা বিশুদ্ধ পানির পরিবাহিতা নির্ণয় করে দেখান যে, বিশুদ্ধ পানি সামান্য মাত্রায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে। অতএব পানি অল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে নিম্নরূপে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ও $OH^-$ আয়ন তৈরি করে।

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

জলীয় দ্রবণে $H_3O^+$ আয়ন বা $H^+$এর মোলার ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল ব্যবহৃত হয়। এসিড বৃষ্টির ফলে পুকুরের পানির pH = 3.8 হয়ে গেল। এতে জলজ উদ্ভিদের সমস্যা হয়।

(ক) পানির আয়নিক গুণফল বলতে কী বুঝ? ১

(খ) অবস্থাভেদে পানি অম্ল ও ক্ষারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে তা ব্রনস্টেড–লাউরির অম্ল–ক্ষারক মতবাদ অনুসারে ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, দ্রবণের pH বলতে কী বুঝ? পানির আয়নিক গুণফল থেকে pH স্কেল কীভাবে প্রতিষ্ঠিত হয় তা ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের এসিড বৃষ্টি বলতে কী বুঝ? উদ্দীপক মতে পুকুরের পানিতে $H^+$ আয়ন ও $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রা গণনা কর। ঐ পানি কৃষি জমিতে ব্যবহার করা যাবে কিনা; ব্যাখ্যা কর। কৃষি উৎপাদনে pH এর ভূমিকা আলোচনা কর। [উঃ $1.58 \times 10^{-4}$ molL$^{-1}$, $6.3095 \times 10^{-11}$ molL$^{-1}$] ৪

৩। বিজ্ঞানীরা পানির পরিবাহিতা মেপে দেখান যে, পানি সামান্য মাত্রায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে। তাই পানি অল্পমাত্রায় নিম্ন সমীকরণ মতে আয়নিত হয়ে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ও $OH^-$ আয়ন তৈরি করে ঃ

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

জলীয় দ্রবণে $H_3O^+$ আয়ন বা $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল ব্যবহৃত হয়। দ্রবণের PH গণনার জন্য সরাসরি pH মিটার এবং অম্লীয় ক্ষারীয় মাধ্যম জানতে পরীক্ষাগারে অম্ল–ক্ষার নির্দেশক ব্যবহৃত হয়। কমলালেবুর রসে pH মিটার বসিয়ে দেখা গেল ঐ লেবুর রসের pH = 3.8।

(ক) দ্রবণের pH বলতে কী বুঝ? অম্লও ক্ষার দ্রবণের pH সীমা উল্লেখ কর। ১

(খ) পানির pH এর মান কত? পানিতে পৃথকভাবে অল্প HCl ও NaOH দ্রবণ যোগ করলে ঐ মিশ্রণদ্বয়ের pH এর মানের কীরূপ পরিবর্তন হবে তা ব্যাখ্যা কর। ২

http://pdfcorner.com

(গ) উদ্দীপক মতে কমলা লেবুর রসের $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা গণনা কর। pH মিটারের গঠন প্রণালী বর্ণনা কর।[উঃ $1.58 \times 10^{-4}$ $molL^{-1}$] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, নির্দেশক কী? অম্লীয় ও ক্ষারীয় মাধ্যমে মিথাইল অরেঞ্জ ও ফেনলফথ্যালিন-এর বর্ণ ও প্রত্যেকের বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর উল্লেখ কর। অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক কীরূপে বর্ণ পরিবর্তন করে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। বিশুদ্ধ পানির $p^H$ হল 7; এতে কয়েক ফোঁটা HCl যোগ করলে HCl মিশ্রিত পানির $p^H$ তখন 7 থেকে কম হয়। অনুরূপভাবে পানিতে কয়েক ফোঁটা NaOH যোগ করলে ঐ দ্রবণের $p^H$ এর মান 7 থেকে বেশি হয়। কিন্তু 'বাফার দ্রবণে' কয়েক ফোঁটা HCl বা, NaOH যোগ করলে মিশ্রণের $p^H$ অপরিবর্তিত থাকে। নির্দিষ্ট $p^H$ এর বাফার দ্রবণ তৈরির উপযুক্ত হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ আছে।

(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) বাফার দ্রবণের শ্রেণীবিভাগ ও সাধারণ প্রস্তুতি উদাহরণসহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, $p^H$ 4.0 বিশিষ্ট বাফার দ্রবণ তৈরির জন্য তোমাকে 60 mL 0.05 M ফরমিক এসিড দেওয়া হল। এতে কত mL 0.1M সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণ যোগ করতে হবে তা গণনা কর। [HCOOH এর pKa = 3.8] [উঃ 47.55 mL] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, তোমার তৈরি করা বাফার দ্রবণে সামান্য HCl এসিড ও সামান্য NaOH দ্রবণ যোগ করলে কীরূপে ঐ বাফার দ্রবণের $p^H$ স্থির থাকবে তা বাফার ক্রিয়ার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। বাফার ক্রিয়ার সংজ্ঞা লেখ। ৪

৫। এসিড ও ক্ষার শনাক্তকরণে এবং এসিড-ক্ষার দ্রবণের টাইট্রেশন কালে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু নির্ণয়ের জন্য বিভিন্ন নির্দেশক ব্যবহৃত হয়। তোমরা পরীক্ষাগারে $Na_2CO_3$ দ্রবণ ও HCl দ্রবণের টাইট্রেশনে অজানা ঘনমাত্রার HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করেছ।

(ক) অম্ল-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া কী? এর আয়নিক সমীকরণ লেখ। ১

(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ ও কাচের যন্ত্রপাতির তালিকা তৈরি কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, অজানা ঘনমাত্রার 15 mL HCl দ্রবণকে টাইট্রেট করতে তোমার ডেসিমোলার $Na_2CO_3$ দ্রবণের 22.5mL প্রয়োজন হলে ঐ HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা গণনা কর। এ টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশকের নাম ও বর্ণ পরিবর্তন লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, তীব্র এসিডের জলীয় দ্রবণ শনাক্তকরণে ব্যবহৃত নীল লিটমাস লাল বর্ণ হয়। $CuSO_4$ লবণের জলীয় দ্রবণেও নীল লিটমাস লাল বর্ণ হয় অর্থাৎ $CuSO_4$ লবণের জলীয় দ্রবণ অম্লীয়। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। অনুরূপভাবে আর কোন্ লবণের জলীয় দ্রবণ অম্লীয় ও ক্ষারীয় হয় উদাহরণ দাও। ৪

## খ-বিভাগ : সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক :

১। $H_2SO_4$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক কোন্‌টি?

(ক) $H_3O^+$ (খ) $SO_4^{2-}$ (গ) $HSO_4^-$ (ঘ) $SO_4^-$

২। $HSO_4^-$ আয়নের অনুবন্ধী এসিড কোন্‌টি?

(ক) $SO_4^{2-}$ (খ) $H_2SO_4$ (গ) $H_3O^+$ (ঘ) $SO_4^-$

http://pdfcorner.com

৩। $HSO_4^-$ আয়নের অনুবন্ধী ক্ষারক কোন্‌টি?
(ক) $SO_4^{2-}$ (খ) $H_2SO_4$ (গ) $H_3O^+$ (ঘ) $SO_4^-$

৪। ডাইপ্রোটিক এসিড কোন্‌টি?
(ক) $HNO_3$ (খ) $H_3PO_4$ (গ) $H_2SO_4$ (ঘ) $HPO_3$

৫। ডাইপ্রোটিক ক্ষারক কোন্‌টি?
(ক) NaOH (খ) $CO_3^{2-}$ (গ) $Fe_2O_3$ (ঘ) $Al_2O_3$

৬। $Fe_2O_3$ এর অম্লত্ব কত?
(ক) 3 (খ) 6 (গ) 3 (ঘ) 4

৭। $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব কত?
(ক) 2 (ii) 3 (iii) 6 (iv) 4

৮। $H_3PO_4$ এর ক্ষারকত্ব কত?
(ক) 2 (খ) 3 (গ) 1 (ঘ) 4

৯। একটি ক্ষার দ্রবণের $p^{OH}$ এর মান 3 হলে দ্রবণটির $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা কত?
(ক) $10^{-6}$ $molL^{-1}$ (খ) $10^{-11}$ $molL^{-1}$ (গ) $10^{-14}$ $molL^{-1}$ (ঘ) $10^{-9}$ $molL^{-1}$

১০। কোন্‌ এসিড দ্রবণের $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা 0.0001 $molL^{-1}$ হলে দ্রবণটির $p^H$ কত?
(ক) 1.0 (খ) 3.0 (গ) 2.0 (ঘ) 4.0

১১। বিশুদ্ধ পানিতে একফোঁটা HCl যোগ করলে ঐ দ্রবণের $p^H$ এর মান কোন্‌টি হবে?
(ক) $p^H = 7$ (খ) $p^H > 7$ (গ) $p^H < 7$ (ঘ) $p^H < 3$

১২। 0.005 M $H_2SO_4$ দ্রবণের $p^H$ কত হবে?
(ক) 5 (খ) 3 (গ) 2 (ঘ) 4

১৩। $CuSO_4$ দ্রবণের $p^H$ এর মান কীরূপ হয়?
(ক) $p^H = 7$ (খ) $p^H > 7$ (গ) $p^H < 7$ (ঘ) $p^H = 14$

১৪। মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষার দ্রবণের টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক হল ঃ
(ক) মিথাইল অরেঞ্জ (খ) ফেনলফথ্যালিন (গ) কোন্‌ উপযুক্ত নির্দেশক নেই (ঘ) মিথাইল রেড

১৫। অম্লীয় দ্রবণে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রার পরিসর –
(ক) $10^{-1}$–$10^{-4}$ (খ) $10^{-4}$ $10^{-8}$ (গ) $10^{-1}$– $10^{-6}$ (ঘ) $10^{-7}$– $10^{-13}$

১৬। 0.05M $H_2SO_4$ দ্রবণে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা হবে –
(ক) $10^{0.05}$ (খ) $10^{-1}$ (গ) $10^{-2}$ (ঘ) $10^{-3}$

১৭। সুস্থ মানুষের রক্তের pH = 7.4 হলে ঐ রক্তে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা কত হবে?
(ক) $3.89 \times 10^{-9}$ (খ) $3.98 \times 10^{8}$ (গ) $3.89 \times 10^{-7}$ (ঘ) $3.98 \times 10^{-7}$

১৮। একটি দ্রবণের pH হল 6। ঐ দ্রবণে আরো গাঢ় দ্রবণ যোগ করে দ্রবণের $P^H = 3$ করা হল। শেষ দ্রবণে $H^+$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা বৃদ্ধি ঘটেছে।
(ক) $10^2$ times (খ) $10^3$ times (গ) $10^{-3}$ times (ঘ) $10^{-2}$ times

১৯। নিচের ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে কোন্‌টি সবচেয়ে সবল ব্রনস্টেড ক্ষারক?
(গ) $ClO^-$ (ঘ) $ClO_3^{-3}$ (গ) $ClO_2^-$ (ঘ) $ClO_4^{-3}$

http://pdfcorner.com

২০। নিচের কোন্‌টি লুইস অম্ল?

(ক) $Cl^-$ (খ) $H_3O^+$ (গ) $AlCl_3$ (ঘ) $C_2H_5OH$

২১। নিচের কোন্‌টি লুইস ক্ষারক?

(ক) $CH_3NH_2$ (খ) $H_3O^+$ (গ) $BF_3$ (ঘ) $AlCl_3$

২২। যদি 90°C এ বিশুদ্ধ পানির $[H_3O^+] = 10^{-6}$ mol $L^{-1}$ হয়; তখন ঐ তাপমাত্রায় $K_w$ এর মান কত হবে?

(ক) $10^{-6}$ (খ) $10^{-12}$ (গ) $10^{-14}$ (ঘ) $10^{-8}$

**খ –১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। গ, ২। খ, ৩। ক, ৪। গ, ৫। খ, ৬। খ, ৭। গ, ৮। খ, ৯। খ, ১০ ঘ, ১১। গ, ১২। গ, ১৩। গ, ১৪। গ, ১৫। গ, ১৬। খ, ১৭। খ, ১৮। খ, ১৯। ক, ২০। গ, ২১। ক, ২২। খ।

## খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ)

### ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তর

১। HCl এসিড ও $Na_2CO_3$ দ্রবণের টাইট্রেশনে তুল্যতা বিন্দু নিরূপণে ব্যবহৃত হয়–

(i) মিথাইল অরেঞ্জ (ii) ফেনলফথ্যালিন (iii) মিথাইল রেড

সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i), (ii), (iii) (ঘ) (iii)

২। ডাইপ্রোটিক ক্ষারকের উদাহরণ হল–

(i) CaO (ii) $Ca(OH)_2$ (iii) FeO

সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) , (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৩। ডাইপ্রোটিক অম্লের উদাহরণ হল –

(i) $H_2SO_4$ (ii) $H_3PO_3$ (iii) HOOC-COOH

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। উভধর্মী যৌগের উদাহরণ হল—

(i) $H_2O$ (ii) $HCO_3^-$ (iii) $NH_3$

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) (ঘ) (i) ও (iii)

৫। প্রোটোজেনিক যৌগ কোন্‌টি হবে?

(i) HF (ii) $H_2SO_4$ (iii) $CH_3COOH$

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৬। তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষার দ্রবণের টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক হল –

(i) সকল নির্দেশক (ii) মিথাইল অরেঞ্জ (iii) শুধু মিথাইল অরেঞ্জ

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৭। তিনটি অনুবন্ধী এসিড হল –

(i) $H_3O^+$ (ii) $NH_4^+$ (iii) $HSO_4^-$ (ঘ) (iii)

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i) ও (iii)

৮। তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশন প্রক্রিয়ার শেষ বিন্দুতে pH ও পরিবর্তনের রেঞ্জ থাকে –

(i) 3.1 – 4.4 (ii) 4.2 – 6.3 (iii) 3.5–7.0

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে,

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৯। প্রোটোফিলিক যৌগ কোন্‌টি হবে?

(i) $NH_2OH$ (ii) $NH_2–NH_2$ (ii) $CH_3NH_2$

কোন্‌টি সঠিক উত্তর হবে –

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

১০। নিচের কোন্‌টির অম্লত্ব হবে 6?

(i) $Al(OH)_3$ (ii) $Al_2O_3$ (iii) $Fe_2O_3$

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (ক), ২। (গ), ৩। (ঘ), ৪। (ক), ৫। (গ), ৬। (ক), ৭। (গ), ৮। (ঘ), ৯। (ক), ১০। (ক)

**খ – ৩ MCQ : অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনি প্রশ্ন ঃ**

১। $HNO_3$ ও $H_3PO_4$ এসিডদ্বয়ের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা +5 হওয়া সত্ত্বেও $H_3PO_4$ এর চেয়ে $HNO_3$ তীব্র এসিড। উভয় এসিড বহুল ব্যবহৃত। এ তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) $HNO_3$ ও $H_3PO_4$ উভয় এসিডের বেলায় প্রযোজ্য

(ক) অক্সো এসিড (খ) ট্রাইপ্রোটিক (গ) জারণধর্মী (ঘ) স্বর্ণকারেরা ব্যবহার করে।

(২) $HNO_3$ অধিকতর তীব্র এসিড হওয়ার কারণ –

(i) P এর চার্জ ঘনত্ব N এর চেয়ে বেশি (ii) N পরমাণুর আকার P এর চেয়ে ছোট

(iii) N পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব P এর চেয়ে বেশি।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

২। রসায়ন পরীক্ষাগারে ১নং বোতলে 0.05M এসিড দ্রবণ ও ২ নং বোতলে o.1M ক্ষার দ্রবণ আছে। প্রথমটি দ্বিক্ষারকীয় এসিড ও দ্বিতীয়টি এক অম্লীয় ক্ষার। এসব তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) উদ্দীপকের এসিডটির pH কত হবে?

(ক) 0.05 (খ) 5 (গ) 2 (ঘ) 1

(২) দুটি বোতলের দ্রবণের বেলায় pH সম্পর্ক হবে –

(i) সমান (ii) এসিড দ্রবণের কম, (iii) ক্ষার দ্রবণের বেশি,

(ক) (i) (খ)(ii) (গ) (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ – ৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ক, (২) খ; ২। (১) ঘ, (২) ক ।

http://pdfcorner.com

# ১১ তড়িৎ পরিবাহিতা ও তড়িৎ বিশ্লেষণ
## ELECTROLYTIC CONDUCTANCE AND ELECTROLYSIS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- তড়িৎ পরিবাহিতা; তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য;
- তড়িৎ বিশ্লেষণ; তড়িৎ বিশ্লেষণের কৌশল ;
- গলিত অবস্থায় ও দ্রবণে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের তড়িৎ বিশ্লেষণ;
- ফ্যারাডের সূত্রসমূহ ও তাদের ব্যবহার;
- শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার।

### ১১.১। ভূমিকা
**Introduction**

পরমাণুতে চার্জযুক্ত প্রোটন ও ইলেকট্রন বর্তমান। তড়িৎশক্তি হল ইলেকট্রন প্রবাহ। ধাতু, গলিত আয়নিক যৌগ ও আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণের মাধ্যমে তড়িৎশক্তি একস্থান হতে অন্য স্থানে প্রবাহিত হতে পারে। কোন মাধ্যমে তড়িৎশক্তি প্রবাহকে মাধ্যমের **তড়িৎ পরিবাহিতা** বলে। তড়িৎ প্রবাহ ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক রয়েছে। আয়নিক যৌগের গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে; তাকে **তড়িৎ বিশ্লেষণ** বলে। তড়িৎ প্রবাহের মাধ্যমে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটানো যায় **তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে** (Electrolytic cell); আবার রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা তড়িৎ উৎপাদনও সম্ভব। রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা তড়িৎ উৎপন্ন করা যায় **তড়িৎ রাসায়নিক কোষে** (Electrochemical cell)। উভয় প্রক্রিয়াকে একত্রে **তড়িৎ রসায়ন** (Electrochemistry) বলা হয়। এ অধ্যায়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা শিল্পক্ষেত্রে কস্টিক সোডা, ক্লোরিন, অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন ইত্যাদি আলোচনা করা হবে।

### ১১.২। তড়িৎ পরিবাহিতা
**Electrical Conduction**

তড়িৎ পরিবহনের ক্ষমতার ভিত্তিতে পদার্থসমূহ দুই শ্রেণীতে বিভক্ত; যথা ঃ তড়িৎ পরিবাহী ও তড়িৎ অপরিবাহী।

**(ক) তড়িৎ পরিবাহী (Electrical conductor) ঃ যে সব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে, তারা তড়িৎ পরিবাহী।** যেমন, সব ধাতু, গ্রাফাইট, গলিত অবস্থায় লবণসমূহ হচ্ছে পরিবাহী।

আবার তড়িৎ পরিবাহীকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা– তড়িৎ সুপরিবাহী ও তড়িৎ কুপরিবাহী। যেসব পরিবাহীর মধ্য দিয়ে সহজেই তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে তারা তড়িৎ সুপরিবাহী; যেমন ধাতুসমূহ, গ্রাফাইট ইত্যাদি। যেসব পরিবাহী খুব অল্প পরিমাণে তড়িৎ পরিবহণ করে তারা তড়িৎ পরিবাহী; যেমন পানি।

**(খ) তড়িৎ অপরিবাহী (Non-conductor or insulator) ঃ যে সব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না, তারা তড়িৎ অপরিবাহী।** যেমন, প্রায় সব অধাতব মৌল, কাচ, অনেক জৈবযৌগ যেমন ইথানল, বেনজিন হল অপরিবাহী।

**তড়িৎ পরিবাহীর শ্রেণীবিভাগ ঃ** তড়িৎ পরিবহনের কৌশলের উপর ভিত্তি করে তড়িৎ পরিবাহীসমূহকে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

(১) ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ও (২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী।

**(১) ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী (Metallic or electronic conductor) ঃ**

**সংজ্ঞা ঃ যে সব কঠিন পদার্থের ভেতর দিয়ে তড়িৎ পরিবহনের সময় কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না, সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন দ্বারা তড়িৎ পরিবাহিত হয়, তাদেরকে ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বলা হয়।** উদাহরণ ঃ সব ধাতু ও গ্রাফাইট (অধাতু) এ ধরনের পরিবাহী।



http://pdfcorner.com

**বৈশিষ্ট্য ঃ**

(i) এ সব বস্তুর মধ্য দিয়ে শুধুমাত্র সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন প্রবাহের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।
(ii) তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না।
(iii) উত্তপ্ত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ হ্রাস পায়।
(iv) এ সব পরিবাহীর ক্ষেত্রে ওহমের সূত্র প্রযোজ্য।

**(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী (Electrolytic conductor) ঃ**

**সংজ্ঞা ঃ যে সব যৌগ বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তাদের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবহন করে এবং সে সাথে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাদেরকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয়।** উদাহরণঃ সব আয়নিক যৌগ এবং কিছু পোলার সমযোজী যৌগ গলিত অবস্থায় ও জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী হয়। যেমন–গলিত NaCl এবং NaCl-এর দ্রবণ, এসিড দ্রবণ, লবণ দ্রবণ বা ক্ষারক মিশ্রিত পানি।

**বৈশিষ্ট্য ঃ**

(i) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর ক্ষেত্রে সঞ্চরণশীল ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নসমূহ তড়িৎ পরিবহন করে।
(ii) তড়িৎ পরিবহনকালে কোষের অ্যানোডে জারণ ও ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে। যেমন–গলিত NaCl দ্বারা তড়িৎ। পরিবহনকালে নিম্নরূপ পরিবর্তন ঘটে ঃ

গলিত NaCl এর বিয়োজন ঃ $NaCl\ (l) \longrightarrow Na^+\ (l) + Cl^-\ (l)$

অ্যানোডে জারণ ঃ $2\ Cl^-\ (l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2Na^+ + 2\ e^- \longrightarrow 2\ Na(s)$

(iii) উত্তপ্ত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে তড়িৎ পরিবহণ বৃদ্ধি পায়
(iv) এ সব পরিবাহীর ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য।

**তড়িৎ–বিশ্লেষ্যের শ্রেণীবিভাগ ঃ**

তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ দু'প্রকার ঃ (ক) তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য ও (খ) মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য। যেসব তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে আয়নে পরিণত হয় এবং তড়িৎ পরিবহন করে এদের **তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য** বলে। যেমন– সকল লবণ, তীব্র এসিড ও ক্ষার দ্রবণ। যথা ঃ HCl, $H_2SO_4$, $HNO_3$, NaOH প্রভৃতির দ্রবণ। অপরদিকে যেসব পদার্থ দ্রবণে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয় তারা খুব সামান্য বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে। এদের **মৃদু তড়িৎ–বিশ্লেষ্য বা মৃদু ইলেকট্রোলাইট বলে।** মৃদু এসিড ও ক্ষার যেমন– জৈব এসিডসমূহ (RCOOH), $NH_4OH$ প্রভৃতির জলীয় দ্রবণ।

**তড়িৎ অবিশ্লেষ্য ঃ যে সব যৌগ দ্রবণে বা বিগলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে না, তাদেরকে তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য (nonelectrolyte) বলা হয়।** এরা সমযোজী যৌগ। যেমন– চিনি, গ্লুকোজ প্রভৃতি হল তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ।

## ১১.৩। তড়িৎ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদ ও তাদের একক
### Terms used in Electrolysis and Their Units

**(১) তড়িৎ চার্জ (Electric Charge) ঃ** আমরা জানি, তড়িৎ বা বিদ্যুৎ হল এক প্রকার শক্তি। কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ–চার্জের প্রবাহের ফলে এ তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দু'প্রকার তড়িৎ চার্জ আছে। তড়িৎ–চার্জের SI একক হল কুলম্ব (coulomb); এর প্রতীক হল C।

"কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1.0 সেকেন্ড (s) সময়ের জন্য 1.0 অ্যাম্পিয়ার (A) তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ তড়িৎ চার্জ প্রবাহিত হয়, তাকে কুলম্ব বলে।

∴ কুলম্ব (C) = অ্যাম্পিয়ার (A) × সেকেন্ড (s) = As

আবার 96500 কুলম্ব তড়িৎ চার্জকে 1.0 ফ্যারাডে (F) বলা হয়।

**(২) তড়িৎ প্রবাহ (Electric Current) ঃ** পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ–চার্জের প্রবাহ হারকে তড়িৎ প্রবাহ বলা হয়। তড়িৎ প্রবাহের একক হল অ্যাম্পিয়ার (ampere) এবং প্রতীক হল A। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত তড়িৎ–চার্জের পরিমাণকে অ্যাম্পিয়ার বলা হয়।

$$\therefore \text{অ্যাম্পিয়ার (A)} = \frac{\text{কুলম্ব (C)}}{\text{সেকেন্ড (s)}} = (Cs^{-1})$$

http://pdfcorner.com

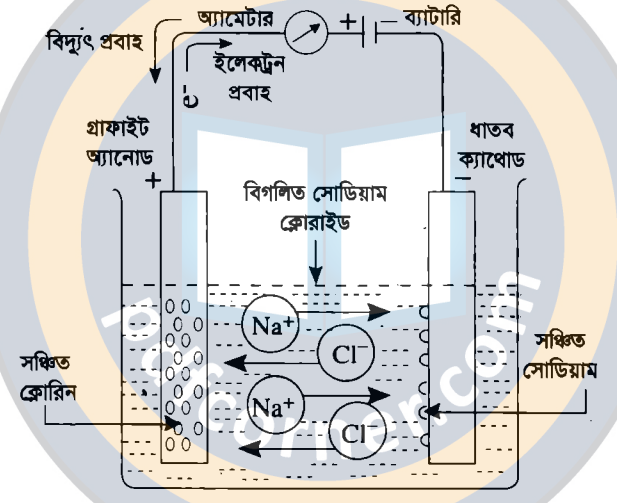
**(৩) তড়িৎ বিভব (Electric Potential) ঃ** "অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক তড়িৎ চার্জকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।" তড়িৎ-বিভবের SI একক হল ভোল্ট (volt) এবং এর প্রতীক হল V। তড়িৎ বিভব (V) = $\frac{\text{সম্পাদিত কাজ (J)}}{\text{চার্জের পরিমাণ (C)}} = JC^{-1}$

যেমন কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে কোন বিন্দুর তড়িৎ বিভব 5.0 V বলতে বোঝা যায় যে, শূন্য বিভব এলাকা থেকে 1.0 কুলম্ব ধনাত্মক তড়িৎ চার্জকে ঐ বিন্দুতে আনতে 5.0 J কাজ সম্পাদিত হবে।

## ১১.৪। বিগলিত আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ
## Electrolysis of Molten Ionic Compounds

**বিগলিত আয়নিক যৌগ বা পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ পরিবহনের সময় সেই যৌগের বিয়োজনের মাধ্যমে রাসায়নিক পরিবর্তনকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলা হয়।**

উদাহরণস্বরূপ গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে দেখা যায় যে, অ্যানোডে বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে ক্লোরিন গ্যাস এবং ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয়।




চিত্র ১১.১ ঃ বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ।

**গলিত NaCl এর বিয়োজন ঃ** $NaCl\ (l) \longrightarrow Na^+\ (l) + Cl^-(l)$

**অ্যানোডে জারণ ঃ** $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

**ক্যাথোডে বিজারণ ঃ** $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$

এ তড়িৎ বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজন হয় একটি উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ও দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বার।

**তড়িৎদ্বার ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় বিগলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে দুটি ধাতব পরিবাহী অথবা গ্রাফাইট দণ্ড প্রবেশ করাতে হয়, যেন একটি দিয়ে তড়িৎ কোষে প্রবেশ করে অন্যটি দিয়ে বের হয়ে যায়। এ দুটি ধাতব অথবা গ্রাফাইট পরিবাহীকে তড়িৎদ্বার বলা হয়। যে তড়িৎদ্বারটি বাইরের তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে তাকে অ্যানোড এবং যে তড়িৎদ্বারটি ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে তাকে ক্যাথোড বলা হয়।

**তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ঃ যে পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণ চালানো হয়, তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ বলা হয়।**

তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষটি তৈরিতে একটি তড়িৎ অপরিবাহী পাত্রে যেমন, কাচের পাত্রে একটি উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন, গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড নেয়া হয় এবং এতে দুটি তড়িৎদ্বার থাকে। দুটি তড়িৎদ্বার গলিত লবণে বা লবণের দ্রবণে প্রবেশ করানো হয়।

http://pdfcorner.com

## ১১.৫। তড়িৎ বিশ্লেষণের কৌশল
**Machanism of Electrolysis**

কঠিন অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের যেমন–NaCl এর আয়নসমূহ কেলাসের মধ্যে কেলাস জালিতে নির্দিষ্ট স্থানে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে; তখন এরা তড়িৎ পরিবহন করে না। বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নসমূহ মোটামুটি স্বাধীনভাবে বিচরণ করে। যেমন বিগলিত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) ও ক্লোরাইড ($Cl^-$) আয়নসমূহ মোটামুটি মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে। তখন ধনাত্মক আয়ন ($Na^+$) ও ঋণাত্মক আয়ন ($Cl^-$) দ্বারা তড়িৎ পরিবহন করা সম্ভব।

$$NaCl\ (l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$$

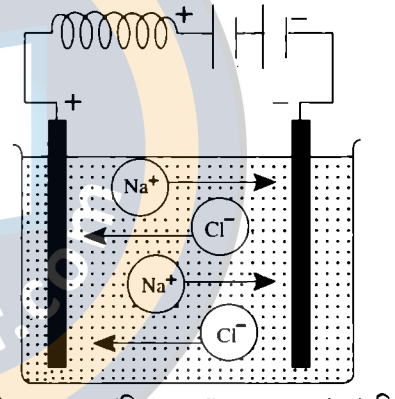
এ তরলে দুটি তড়িৎদ্বার প্রবেশ করিয়ে এদের মধ্যে ব্যাটারির সাহায্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হয়। ক্যাথোড ঋণাত্মক আধানযুক্ত হওয়ায় তা ধনাত্মক আধানযুক্ত সোডিয়াম আয়নসমূহকে আকর্ষণ করে। সোডিয়াম আয়নসমূহ ক্যাথোডে পৌঁছামাত্র এদেরকে ইলেকট্রন দান করে, ফলে সোডিয়াম পরমাণুর সৃষ্টি হয়। সোডিয়াম পরমাণুসমূহ একত্রিত হয়ে সোডিয়াম ধাতুরূপে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

$$Na^+\ (l) + e^-\ (\text{ক্যাথোড হতে}) \longrightarrow Na(s) \qquad [\ \text{ক্যাথোডে বিজারণ}\ ]$$

অন্যদিকে অ্যানোড ধনাত্মক আধানযুক্ত হওয়ায় তা ঋণাত্মক ক্লোরাইড আয়নসমূহকে আকর্ষণ করে এবং এ আয়নসমূহ অ্যানোডে পৌঁছামাত্র তা ইলেকট্রন ত্যাগ করে ক্লোরিন পরমাণু সৃষ্টি করে। দুটি ক্লোরিন পরমাণু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে ক্লোরিন গ্যাসের অণু সৃষ্টি করে।

$$Cl^- \longrightarrow Cl + e^- \quad [\ \text{অ্যানোডে জারণ}\ ]$$
$$2Cl \longrightarrow Cl_2$$

এভাবেই তড়িৎ বিশ্লেষণ সংঘটিত হয়। প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, **তড়িৎ বিশ্লেষণকালে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়নসমূহ ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে ক্যাটায়ন বলে। যেমন সব ধাতব আয়ন ($Na^+$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$), $NH_4^+$ ও $H^+$ আয়ন ইত্যাদি। আবার তড়িৎ বিশ্লেষণকালে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঋণাত্মক আয়নসমূহ অ্যানোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে অ্যানায়ন বলা হয়। যেমন অধাতব ঋণাত্মক আয়নসমূহ $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$, $OH^-$, $NO_3^-$, $SO_4^{2-}$ ইত্যাদি।**



চিত্র ১১.২ ঃ গলিত অবস্থায় এবং দ্রবণে আয়নিক যৌগের বিদ্যুৎ পরিবহনের কৌশল।

তড়িৎ–বিশ্লেষণের সার সংক্ষেপ হল ঃ

(১) ঋণাত্মক ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে এবং এর মাধ্যমে ব্যাটারি থেকে ইলেকট্রন কোষে প্রবেশ করে।

(২) ধনাত্মক অ্যানোডে জারণ ঘটে এবং এর মাধ্যমে ইলেকট্রন কোষ ত্যাগ করে।

(৩) ক্যাথোডে ক্যাটায়ন যতটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে অ্যানোডে অ্যানায়ন ঠিক ততটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে।

### ১১.৫.১ তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া

তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় ক্যাটায়ন ক্যাথোড হতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে, অর্থাৎ তা বিজারিত হয়। অপরদিকে অ্যানায়ন অ্যানোডে এক বা একাধিক ইলেকট্রন বর্জন করে অর্থাৎ তা জারিত হয়। যেমন তরলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় নিম্নোক্ত প্রক্রিয়াসমূহ সম্পন্ন হয়।

$$NaCl(l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$$

**অ্যানোডে জারণ ঃ** $2Cl^- \longrightarrow 2Cl + 2e^-$ ; $2Cl \longrightarrow Cl_2$

**ক্যাথোডে বিজারণ ঃ** $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$

প্রকৃতপক্ষে যে কোন তড়িৎ বিশ্লেষণ পর্যালোচনা করলে দেখা যায় যে, তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাথোডে বিজারণ এবং অ্যানোডে জারণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়।

http://pdfcorner.com

## ১১·৬। দ্রবণে আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ, ইলেকট্রোড বিক্রিয়া
## Electrolysis of Aqueous Electrolytes and Electrode Reaction

যখন কোন গলিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে একটি মাত্র ক্যাটায়ন ও একটি মাত্র অ্যানায়ন থাকে যেমন গলিত NaCl, তখন ইলেকট্রোড বিক্রিয়া লেখা সহজ। তখন তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাটায়নটি ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে ধাতুতে পরিণত হয় এবং অ্যানায়নটি অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়।

**কিন্তু আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণে** একাধিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন থাকে। যেমন $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে নিম্নোক্ত সমীকরণ মতে দুটি ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন যেমন $H^+$, $Cu^{2+}$ এবং দুটি অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন যেমন $OH^-$, $SO_4^{2-}$ থাকে।

$$H_2O\,(l) \rightleftharpoons H^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$
$$CuSO_4\,(aq) \longrightarrow Cu^{2+}\,(aq) + SO_4^{2-}\,(aq)$$

সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডের দিকে $H^+$ ও $Cu^{2+}$ এবং অ্যানোডের দিকে $OH^-$ ও $SO_4^{2-}$ ধাবিত হবে। এখন ক্যাথোডে পৌঁছে উভয় ধনাত্মক আয়নের মধ্যে কোনটি অগ্রাধিকার ভিত্তিতে বিজারিত হবে এবং অ্যানোডে পৌঁছে উভয় ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে কোনটি অগ্রাধিকার ভিত্তিতে জারিত হবে তা নির্ভর করে নিম্নোক্ত তিন শর্তের উপর। যেমন,

(১) তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে সংশ্লিষ্ট আয়নের অবস্থান;

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ঘনমাত্রার প্রভাব;

(৩) তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি তড়িৎদ্বারের প্রভাব।

**১। তড়িৎ রাসায়নিক সারি (Electrochemical series) :** তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় বিভিন্ন আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতার উপর ভিত্তি করে আয়নসমূহকে একটি সারিতে সাজানো হয়েছে, তাকে তড়িৎ রাসায়নিক সারি বলা হয়। এ সারিটি বিজারণ বিভবের উচ্চক্রম অনুসারে সজ্জিত। সহজে বিজারণযোগ্য ক্যাটায়নটি এ সারিতে সবচেয়ে নিচে স্থান পেয়েছে। [এক্ষেত্রে নিচের ২নং ও ৩নং শর্ত অপরিবর্তিত থাকতে হবে।] উল্লেখ্য ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়নের সারিতে সবচেয়ে অধিক সক্রিয় ধাতুটি সারির প্রথমে রয়েছে এবং নিচের দিকে ক্রমান্বয়ে কম সক্রিয় মৌলসমূহ স্থান পেয়েছে। অর্থাৎ দ্রবণ থেকে কোন আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা তার সক্রিয়তার বিপরীত।

**সারণি ১১.১ : তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজের একাংশ**

| ক্যাটায়ন | সক্রিয়তা | ক্যাথোডে অর্ধবিক্রিয়া | অ্যানায়ন | সক্রিয়তা | অ্যানোডে অর্ধবিক্রিয়া |
|---|---|---|---|---|---|
| $K^+$ | | | | | |
| $Ca^{2+}$ | | | | | |
| $Na^+$ | | | | | |
| $Mg^{2+}$ | | | | | |
| $Al^{3+}$ | | | | | |
| $Zn^{2+}$ | | | | | |
| $Fe^{2+}$ | | | | | |
| $Sn^{2+}$ | | | | | |
| $Pb^{2+}$ | | | | | |
| $H^+$ (বা, $H_3O^+$) | | | | | |
| $Cu^{2+}$ | | | | | |
| $Ag^+$ | | | | | |
| $Au^{3+}$ | | | | | |
| | $M^{n+} + ne^- \rightarrow M$ ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা নিচের দিকের আয়নের ক্রমান্বয়ে বাড়ছে। | | | | |
| | | রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্রমান্বয়ে কমছে। $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ | | | |
| | | | $NO_3^-$ | চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা নিচের দিকের আয়নের ক্রমান্বয়ে বাড়ছে। | $NO_3^- \rightarrow NO_2 + \frac{1}{2}O_2 + e^-$ |
| | | | $SO_4^{2-}$ | | $SO_4^{2-} \rightarrow SO_2 + O_2 + 2e^-$ |
| | | | $Cl^-$ | | $Cl^- \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2 + e^-$ |
| | | | $Br^-$ | | $Br^- \rightarrow \frac{1}{2}Br_2 + e^-$ |
| | | | $I^-$ | | $I^- \rightarrow \frac{1}{2}I_2 + e^-$ |
| | | | $OH^-$ | | $2OH^- \rightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$ |

http://pdfcorner.com

**ব্যাখ্যা ঃ** কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে $Na^+$ ও $K^+$ আয়ন উপস্থিত থাকলে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় প্রথমে $Na^+$ ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জমুক্ত হবে। দ্রবণের সমস্ত $Na^+$ চার্জমুক্ত হওয়ার পর $K^+$ আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে। কারণ তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে $Na^+$ এর স্থান $K^+$ এর নিচে।

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na\,; \quad K^+ + e^- \longrightarrow K$$

অনুরূপভাবে দ্রবণে $Cl^-$ আয়ন ও $I^-$ আয়ন থাকলে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় প্রথমে $I^-$ আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে চার্জমুক্ত হবে। এরূপে সব $I^-$ আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার পর $Cl^-$ আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে। $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$ ; $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

২। **সমধর্মী আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব ঃ** আবার তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কোন আয়নের অবস্থানের অগ্রাধিকারের চেয়ে ঐ আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব বেশি কার্যকরী হয়। যেমন 0.1M NaCl এর জলীয় দ্রবণে ঋণাত্মক আয়ন $OH^-$ এর ঘনমাত্রা থাকে $10^{-7}$ মোল $L^{-1}$ এবং $Cl^-$এর ঘনমাত্রা থাকে 0.1 মোল $L^{-1}$ অর্থাৎ $Cl^-$ এর ঘনমাত্রা $OH^-$ এর ঘনমাত্রার চেয়ে $10^6$ গুণ বেশি। তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে $OH^-$ আয়নের অবস্থান $Cl^-$ আয়নের নিচে হওয়ায় OH আয়ন আগে চার্জমুক্ত হওয়া উচিত: কিন্তু ঘনমাত্রা বেশি থাকায় $Cl^-$ আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়ে থাকে। একই নিয়মে $PbCl_2$ এর জলীয় দ্রবণে $Pb^{2+}$ আয়নের ঘনমাত্রা $H_3O^+$ আয়নের ঘনমাত্রার চেয়ে অনেক বেশি থাকায় তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় $H_3O^+$ এর পরিবর্তে $Pb^{2+}$ আয়ন ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হয়।

৩। **তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি ঃ** তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি অনেক সময় তড়িৎ রাসায়নিক সারির অগ্রাধিকার নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটায়। যেমন, NaCl এর জলীয় দ্রবণে (দুটি ধনাত্মক আয়ন $H^+$ ও $Na^+$ থাকে) প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটালে ক্যাথোডে তড়িৎ রাসায়নিক সারির অগ্রাধিকার মতে $H^+$ আয়ন চার্জমুক্ত হয়ে $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু ক্যাথোডরূপে পারদ ব্যবহৃত হলে তখন $H^+$ এর পরিবর্তে $Na^+$ আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়। কারণ এক্ষেত্রে $Na^+$ আয়ন পারদের সাথে মিশে গিয়ে পারদ সংকর তৈরি করে; ফলে $Na^+$ আয়নের বিজারিত হওয়ার প্রবণতা বেড়ে যায়।

## ১১.৭। ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র
### Faraday's Laws of Electrolysis

তড়িৎ বিশ্লেষণের সাথে রাসায়নিক পরিবর্তনের মাত্রিক পরিমাণ সম্পর্কে ফ্যারাডের দুটি বিখ্যাত সূত্র আছে। **ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্র দুটি নিম্নরূপ ঃ**

**প্রথম সূত্র ঃ তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যে কোন তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিমাণ অর্থাৎ কোন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণের সমানুপাতিক।**

**ফ্যারাডের প্রথম** সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ কোন পদার্থের তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যদি Q কুলম্ব পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে Wg ভরের একটি পদার্থ তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র মতে,

$$W \propto Q \quad \ldots\ (i)$$

বা, $W = ZQ$

এখানে Z একটি স্থির সংখ্যা যা পদার্থের ধর্মের উপর নির্ভর করে। একে সে পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Electrochemical equivalent) বলা হয়। যখন Q = 1 কুলম্ব, তখন W = Z × 1 coulomb, বা Z = W g $coulomb^{-1}$।

**সুতরাং তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় এক কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে কোন পদার্থের যত পরিমাণ অ্যানোডে দ্রবীভূত বা ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়, তাকে সেই পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।**

সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হচ্ছে 0.001118 g $coul^{-1}$; হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হচ্ছে 0.0000104 47 g $coul^{-1}$ ।

আবার, যদি I অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ t সেকেন্ড সময় প্রবাহিত হয়, তবে

$$Q = I \times t \quad \ldots\ (ii)$$

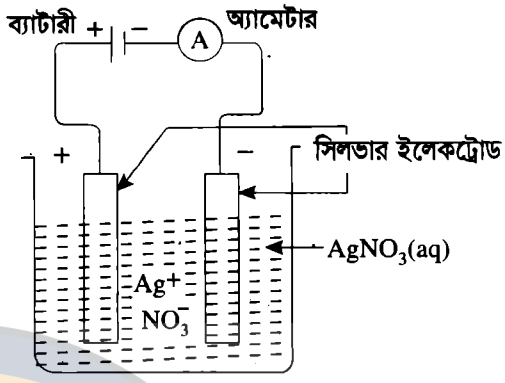
সুতরাং $W = ZIt \quad \ldots\ (iii)$

http://pdfcorner.com

**প্রমাণ ঃ** আমরা জানি, সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) এর জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে সিলভার ধাতু জমা হয়। নিম্নরূপে সিলভার আয়ন ($Ag^+$) বিজারিত হয়।

$$\underset{1\text{ মোল}}{Ag^+(aq)} + \underset{1\text{ মোল}}{e^-} \longrightarrow \underset{1\text{ মোল}}{Ag(s)}$$

এ সমীকরণ মতে বোঝা যায় যে, 1 মোল সিলভার আয়ন 1 মোল ইলেকট্রন দ্বারা বিজারিত হয়ে 1 মোল সিলভার পরমাণু উৎপন্ন করে। আবার উৎপন্ন সিলভারের পরিমাণ বর্তনীতে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমানুপাতিক অর্থাৎ বর্তনীতে প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ বা বিদ্যুৎ চার্জের সমানুপাতিক। আবার 1 মোল সিলভার পরমাণুর ভর 108 g এবং এর মধ্যে $N_A$ সংখ্যক (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা $6.022 \times 10^{23}$ টি) সিলভার পরমাণু আছে। কিন্তু 1 মোল ইলেকট্রনেও সমসংখ্যক



চিত্র ১১.৩ ঃ ফ্যারাডের ১ম সূত্রের প্রমাণ।

ইলেকট্রন থাকে এবং একটি ইলেকট্রনের চার্জ হল $=1.602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। অতএব 1 মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জ $= 1.602 \times 10^{-19} \times 6.022 \times 10^{23}\ C = 96473\ C \equiv 96500\ C$ (প্রায়)। এ পরিমাণ বিদ্যুৎ চার্জকে **এক ফ্যারাডে চার্জ** বলা হয় এবং একে F দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

$\therefore 1F = 96500\ C$

অর্থাৎ 1 মোল সিলভার (Ag) উৎপাদনের জন্য 1 F বিদ্যুৎ চার্জ প্রয়োজন।

$\therefore$ x মোল সিলভার (Ag) উৎপাদনের জন্য $x \times F$ বিদ্যুৎ চার্জ প্রয়োজন।

**সুতরাং তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ $\alpha$ প্রবাহিত বিদ্যুৎ চার্জ।**

এটাই ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র।

**ফ্যারাডে ধ্রুবক (Faraday constant) ঃ** ফ্যারাডের প্রথম সূত্র হতে জানা যায় যে, এক মোল একক ধনাত্মক আয়নকে চার্জ মুক্ত করতে এক মোল ইলেকট্রনের প্রয়োজন হয়। প্রতি মোল ইলেকট্রন প্রবাহ দ্বারা যে মোট ঋণাত্মক বিদ্যুৎ চার্জ উৎপন্ন হয়, তাকে এক ফ্যারাডে বা ফ্যারাডে ধ্রুবক বলা হয়। একে F দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং $1F = 96500$ কুলম্ব।

আমরা জানি, $\underset{1\text{mol}}{Ag^+(aq)} + \underset{1\text{mol}}{e^-} \longrightarrow \underset{1\text{mol}}{Ag(s)}$

1mol ইলেকট্রন $= 6.022 \times 10$ টি; 1টি ইলেকট্রনের চার্জ $= 1.602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব

1mol ইলেকট্রনের মোট চার্জ $= (N_A \times e^-) = 6.022 \times 10^{23} \times 1.602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব

$\therefore 1F = 96,500$ কুলম্ব (প্রায়)

**দ্বিতীয় সূত্র ঃ** "যদি বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়, তবে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত পদার্থের ভরের পরিমাণ পদার্থসমূহের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক হয়।" অর্থাৎ

$W \alpha Z$ (যখন $I \times t$ স্থির থাকে);

$\therefore W = Z \times It$ (এখানে, $I \times t$ ধ্রুব রাশিরূপে গণ্য)

এখানে, W = সঞ্চিত বা দ্রবীভূত পদার্থের ভর
Z = পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক
I = তড়িৎপ্রবাহ (Current)
t = সেকেন্ডে সময়

বর্তমানে সূত্রে বিবৃত 'পদার্থসমূহের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক'কে বাদ দিয়ে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রটিকে নিম্নরূপ বিবৃত করা হয়।

**যদি বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়, তবে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত পদার্থগুলোর ভরের পরিমাণ; তাদের নিজ নিজ গ্রাম-পরমাণু ভরকে সংশ্লিষ্ট আয়নের চার্জ সংখ্যা দিয়ে ভাগ করে যে ভাগফল পাওয়া যায়, তাদের সমানুপাতিক হবে।**

যদি Q পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে কোন তড়িৎদ্বারে W গ্রাম ভরের কোন পদার্থ সঞ্চিত বা দ্রবীভূত হয় এবং ঐ পদার্থের গ্রাম-পরমাণু ভর M ও এর আয়নের চার্জ v হলে তবে ফ্যারাডের ২য় সূত্র মতে,

$$W \propto \frac{M}{v}\ ; \qquad \text{বা, } W = K \times \frac{M}{v} \ldots\ldots (1)$$

http://pdfcorner.com

আবার Q পরিমাণ বিদ্যুৎ দুটি ভিন্ন তড়িৎকোষে চালনা করা হল। ফলে দুটি তড়িৎ কোষের দুটি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে $M_1$ ও $M_2$ গ্রাম–পরমাণু ভর বিশিষ্ট পদার্থের যথাক্রমে $W_1$ ও $W_2$ গ্রাম পরিমাণ সঞ্চিত হয়। যদি ঐ পদার্থদ্বয়ের আয়নের চার্জ যথাক্রমে $v_1$ ও $v_2$ হয়, তবে (1) নং সমীকরণ মতে,

$$W_1 = K \times \frac{M_1}{v_1}; \qquad W_2 = K \times \frac{M_2}{v_2};$$

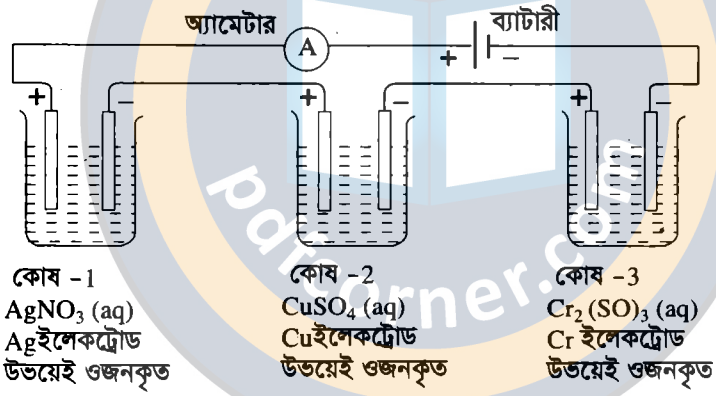
$$\text{বা, } \frac{W_1}{\frac{M_1}{v_1}} = K \text{ (ধ্রুবক)}; \qquad \text{বা, } \frac{W_2}{\frac{M_2}{v_2}} = K \text{ (ধ্রুবক)}; \qquad \therefore \frac{W_1}{\frac{M_1}{v_1}} = \frac{W_2}{\frac{M_2}{v_2}} = K \text{ (ধ্রুবক)}$$

[ এখানে উল্লেখ্য যে, ফ্যারাডের মূল দ্বিতীয় সূত্র হচ্ছে নিম্নরূপ–

"The amounts of different substances deposited or dissolved by the same quantity of electricity are proportional to their chemical equivalent weights". —reference 'Text book of physical chemistry'–S. Glasstone.

তবে জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক প্রণীত সিলেবাসে "রাসায়নিক তুল্য ভর" বা তুল্যাঙ্ক শব্দটি ব্যবহার নিষিদ্ধ করায় লেখক কর্তৃক এ সূত্রকে কিছুটা পরিবর্তিত করা হয়েছে, তবে মূল বক্তব্য ঠিক রাখা হয়েছে।]

**ফ্যারাডের ২য় সূত্রের পরীক্ষাগত ব্যাখ্যা ঃ** চিত্র মতে তিনটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে (বা কুলোমিটারে) তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে $AgNO_3$ (aq), $CuSO_4$(aq) ও $Cr_2(SO_4)_3$ (aq) নিয়ে এদের মধ্যে যথাক্রমে ওজন করা সিলভার, কপার ও ক্রোমিয়াম ধাতুর ইলেকট্রোড প্রবেশ করানো হয়। এখন তিনটি কুলোমিটারকে সিরিজ সংযোগ দেয়া হয় এবং নির্দিষ্ট Q পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করা হয়।




চিত্র ১১.৪ ঃ ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের পরীক্ষা।

ফলে ক্যাথোডগুলোতে Ag, Cu ও Cr ধাতু জমা হতে থাকে। নির্দিষ্ট সময় পরে তিনটি কুলোমিটার থেকে Ag, Cu ও Cr ধাতুর ক্যাথোড আলাদা করে ধুয়ে, শুষ্ক করে প্রত্যেকটির ওজন নেওয়া হয়। এখন Q পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে সঞ্চিত ধাতুর ওজন তাদের ওজন বৃদ্ধি থেকে হিসাব করা হয়। দেখা গেল ভিন্ন ভিন্ন ক্যাথোডে সঞ্চিত সিলভার, কপার ও ক্রোমিয়ামের ভর পাওয়া গেল যথাক্রমে 0.5832g , 0.1714 g এবং 0.0936 g.। ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র মতে সঞ্চিত ধাতুর এ ভরসমূহ এ ধাতুগুলোর গ্রাম–পারমাণবিক ভরকে নিজ নিজ আয়নের চার্জ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে সব ভাগফল পাওয়া যায়, তাদের সমানুপাতিক হবে।

এখন, $\dfrac{\text{সঞ্চিত Ag এর ভর}}{\text{Ag এর গ্রাম–পাঃ ভর} \div \text{Ag}^+ \text{ এর চার্জ সংখ্যা}} = \dfrac{0.5832}{108 \div 1} = 0.0054$

$\dfrac{\text{সঞ্চিত Cu এর ভর}}{\text{Cu এর গ্রাম–পাঃ ভর} \div \text{Cu}^{2+} \text{ এর চার্জ সংখ্যা}} = \dfrac{0.1714}{63.5 \div 2} = 0.0054$

$\dfrac{\text{সঞ্চিত Cr এর ভর}}{\text{Cr এর গ্রাম–পাঃ ভর} \div \text{Cr}^{3+} \text{ এর চার্জ সংখ্যা}} = \dfrac{0.0936}{52.0 \div 3} = 0.0054$

এটাই ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের মূলকথা।

http://pdfcorner.com

আবার মোলের ধারণার সাহায্যে **ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের বিকল্প বিবৃতি নিম্নরূপে দেয়া যায় ঃ**

**বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ কালে কোন পদার্থের আয়ন থেকে 1 মোল পদার্থকে সঞ্চিত করতে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের পরিমাণ সে পদার্থের ধনাত্মক আয়নের চার্জের সমান মোল ইলেকট্রন ( যেমন ১, ২, ৩ মোল ইত্যাদি) এর সমান।**

তড়িৎ বিশ্লেষণ থেকে জানা যায়, ক্যাথোডে 1 মোল Ag, 1 মোল Cu এবং 1 মোল Cr এর সঞ্চিত হওয়ার কালে যথাক্রমে 96500 C, $2 \times 96500$ C এবং $3 \times 96500$ C বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয়। এ সব তথ্য নিম্নোক্ত সমীকরণের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। যেমন,

$Ag^{+}$ + $e^{-}$ $\longrightarrow$ Ag ; এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন $1 \times 96500$ C = 1 F
1 মোল 1 মোল 1 মোল

$Cu^{2+}$ + $2e^{-}$ $\longrightarrow$ Cu ; এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন $2 \times 96500$ C = 2 F
1 মোল 2 মোল 1 মোল

$Cr^{3+}$ + $3e^{-}$ $\longrightarrow$ Cr ; এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন $3 \times 96500$ C = 3 F
1 মোল 3 মোল 1 মোল

সুতরাং 1 মোল এক–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 1 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

1 মোল দ্বি–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 2 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

1 মোল ত্রি–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 3 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

অপর কথায়, $96.5 \times 10^{3}$C বিদ্যুৎ তিনটি তড়িৎবিশ্লেষ্য কোষে প্রবাহিত হওয়ার ফলে সঞ্চিত ধাতুসমূহের পরিমাণ হয় যথাক্রমে 1 মোল Ag, $\frac{1}{2}$ মোল Cu, $\frac{1}{3}$ মোল Cr অর্থাৎ 1 মোল/ (ধনাত্মক আয়নের চার্জ)। মৌলের এরূপ সম্পর্কযুক্ত পরিমাণকে বিজ্ঞানী ফ্যারাডে দ্বিতীয় সূত্রে **ধাতুসমূহের তুল্যভর বা তুল্যাঙ্ক** (equivalents) বলেছেন।

**ফ্যারাডের ২য় সূত্রের প্রয়োগ সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ ঃ** (i) তড়িৎ বিশ্লেষণে অংশগ্রহণকারী আয়নের ভর ও চার্জের পরিমাণ জানা থাকলে, তখন নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎদ্বারে **সঞ্চিত পদার্থের ভর** গণনা করা যায়। (ii) তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর ও ঐ পদার্থের আয়নের চার্জের পরিমাণ জানা থাকলে, তখন **প্রবাহিত বিদ্যুতের** পরিমাণ গণনা করা যায়। (iii) আবার তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর ও বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ জানা থাকলে, তখন সংশ্লিষ্ট আয়নের চার্জ গণনা করা যায়।

**গাণিতিক উদাহরণ**

**উদাহরণ ১। গলিত অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 50 g অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে?**

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট বিজারণ বিক্রিয়া নিম্নরূপে ক্যাথোডে ঘটে ঃ

$Al^{3+}$ + $3e^{-}$ $\rightarrow$ Al
1 মোল 3 মোল 1 মোল
3 Faradays 27 g

সমীকরণ মতে, 1 মোল Al বা 27 g Al ধাতু নিষ্কাশনে 3 F বা, $3 \times 96500$C বিদ্যুৎ খরচ হয়।

$\therefore$ 27 g Al ধাতু নিষ্কাশন করতে বিদ্যুৎ খরচ হয় $3 \times 96500$C

50 g Al ধাতু নিষ্কাশন করতে বিদ্যুৎ খরচ হয় $\frac{3 \times 96500 \times 50C}{27}$ = 536111C **(উত্তর)**



http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ২। 5 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার তড়িৎ 60 মিনিট ধরে $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে কী পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে? (Cu = 63.5)** [রা. বো. ২০০০; কু. বো. ২০০২; ব. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে মোট সময়, $t = 60 \times 60$ সেকেন্ড।

$\therefore$ প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = I \times t = 5 \times 60 \times 60$ C বা, $Q = \frac{5 \times 60 \times 60}{96500} F = \frac{36 \times 5}{965} F$

কপার সালফেট ($CuSO_4$) এর দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে $Cu^{2+}$ নিম্নরূপে বিজারিত হয়।

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$
$$2F \qquad 1 \text{ মোল} = 63.5 \text{ g Cu}$$

সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল কপার = 63.5 g Cu

$\therefore \frac{36 \times 5}{965}$ F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় = $\frac{63.5 \times 36 \times 5}{2 \times 965}$ g Cu = 5.922 g Cu (প্রায়) **(উঃ)**

**উদাহরণ ৩। $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 160 mA বিদ্যুৎ 40 min. যাবৎ চালনা করা হল। তড়িৎ দ্বারে সঞ্চিত কপার পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।** [ঢা. বো. ২০০৪; চ. বো. ২০১১]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, $t = 40 \times 60$ সেকেন্ড। বিদ্যুতের মাত্রা, $I = 160 \text{ mA} = 0.16\text{A}$

$\therefore$ প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = I \times t = (0.16 \times 40 \times 60)C = \frac{384}{96500} F$

$CuSO_4$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে $Cu^{2+}$ আয়ন নিম্নরূপে বিজারিত হয় ঃ

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$
$$2F \qquad 1 \text{ মোল}$$

সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cu বা, $6.022 \times 10^{23}$টি Cu পরমাণু

$\therefore \frac{384}{96500}$ F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় = $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 384}{2 \times 96500}$টি Cu পরমাণু

$= 1.198159585 \times 10^{21}$টি Cu পরমাণু **(উঃ)**

**উদাহরণ ৪। সালফিউরিক এসিডের লঘু জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তারের মাধ্যমে ১ ঘণ্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে 250 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের মাত্রা কত ছিল?**

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, উৎপন্ন $H_2$ গ্যাসের আয়তন (আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে) 250 mL = 0.250 L

আবার 1 মোল $H_2$ = $1.008 \times 2$ g $H_2$

অর্থাৎ 22.4 L $H_2$ = $1.008 \times 2$ g $H_2$

$\therefore$ 0.250 L $H_2$ = $\frac{1.008 \times 2 \times 0.250}{22.4}$ g $H_2$ = 0.0225 g $H_2$

বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ কালে $H^+$এর বিজারণ নিম্ন সমীকরণ মতে ঘটে ঃ

$$\underset{1 \text{ মোল}}{H^+} + \underset{1 \text{ মোল}}{e^-} \longrightarrow \frac{1}{2}H_2$$

1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণু = 1.008 g

$\therefore$ 1.008 g হাইড্রোজেন মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় 1F = 96500 C

$\therefore$ 0.0225 g হাইড্রোজেন মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় = $\frac{96500 \times 0.0225}{1.008}$ C = 2154.0178 C

আমরা জানি, $Q = I \times t$

$\therefore$ বিদ্যুতের মাত্রা, $I = \frac{Q}{t} = \frac{2154.0178C}{60 \times 60s}$ = 0.5983 A (প্রায়)। **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৫। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1.5 অ্যাম্পিয়ারের বিদ্যুৎ কতক্ষণ ধরে প্রবাহিত করলে 1.89 g সিলভার সঞ্চিত হবে?**

**সমাধান ঃ** মনে করি, সময় = t সেকেন্ড।

এখানে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ =1.89 g

প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ, $Q = I \times t = 1.5 \times t$

এখানে সিলভার আয়ন ($Ag^+$) বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$$
1 মোল 1 মোল 1 মোল

আবার 1 মোল Ag (অর্থাৎ 107.88 g) সঞ্চিত হতে 1.0 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

$\therefore$ 1.89 g সিলভার সঞ্চিত হতে $\frac{1.0 \times 1.89}{107.88}$ মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

$\therefore$ মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = \frac{96500 \times 1.0 \times 1.89}{107.88} C = 1690.63\ C$ (প্রায়)

আবার $Q = 1.5 \times t$;

$\therefore t = \frac{Q}{1.5} = \frac{1690.63C}{1.5A} = 1127.08\ sec = 18\ min\ 47.08\ sec$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৬। ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 0.120 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 1.00 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হবে?**

**সমাধান ঃ** ক্রোমিয়াম (iii) আয়নের বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr\ (s)$$
1 মোল 3 মোল 1 মোল

অর্থাৎ 1 মোল ক্রোমিয়াম (অর্থাৎ 52 g Cr) সঞ্চিত হতে 3 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

সুতরাং 1 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে 3/52 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন হবে।

$\therefore$ মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = \frac{96500 \times 3}{52} C = 5567.3\ C$

আবার $Q = I \times t$, $\therefore t = \frac{Q}{I} = \frac{5567.3}{0.120} = \frac{C}{A} = 46394\ s = 12\ hr\ 53\ min$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৭। ক্রোমিয়াম (iii) সালফেট দ্রবণে 0.0422 A বিদ্যুৎ 1 hr যাবৎ প্রবাহিত করার ফলে ক্যাথোডে 0.0275 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হয়। ক্রোমিয়াম আয়নের চার্জ কত? [Cr = 52.0]**

**সমাধান ঃ** মোট সময়, $t = 1\ hr = 60 \times 60 s$.

প্রবাহিত মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = I \times t = 0.0422 \times 60 \times 60\ C$

$$= 151.92\ C = \frac{151.92}{96500} F$$

সঞ্চিত ক্রোমিয়ামের মোলসংখ্যা = $\frac{0.0275}{52.0} = 0.00053$ (প্রায়)

$$Cr^{n+} + ne^- \longrightarrow Cr$$
1 মোল n মোল 1 মোল

0.00053 মোল ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে দরকার হয় $\frac{151.92}{96500}$ F বিদ্যুৎ।

$\therefore$ 1.0 মোল ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে দরকার $= \frac{151.92}{96500 \times 0.00053} F$ বিদ্যুৎ

$$= \frac{151.92}{51.145} F = 2.97\ F \approx 3\ F$$

$\therefore$ ক্রোমিয়াম আয়নের চার্জ +3 অর্থাৎ ক্রোমিয়াম আয়ন হল $Cr^{3+}$ **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৮।** 2 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা যাবৎ সিরিজ সংযোগে $AgNO_3$ দ্রবণ, $CuSO_4$ দ্রবণ ও $Cr_2(SO_4)_3$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করা হয়। প্রতিটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ নির্ণয় কর। [Ag = 108, Cu = 63.5, Cr = 52]

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট বিজারণ বিক্রিয়া নিম্নরূপে ক্যাথোডে ঘটে;

(i) $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$
1F 1 মোল

(ii) $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$
2F 1 মোল

(iii) $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$
3F 1 মোল

প্রশ্নমতে, $t = 1 \times 60 \times 60s$
প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ,
$Q = 1 \times t = 2 \times 60 \times 60C$
$= \frac{2 \times 60 \times 60\ F}{96500} = \frac{72\ F}{965}$

(i) নং সমীকরণ মতে, 1F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Ag অর্থাৎ $= 108\ g\ Ag$

$\therefore \frac{72\ F}{965}$ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় $= \frac{108 \times 72}{965}\ g\ Ag = 8.058\ g\ Ag$

(ii) নং সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cu অর্থাৎ $= 63.5\ g\ Cu$

$\therefore \frac{72\ F}{965}$ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় $= \frac{63.5 \times 72}{2 \times 965}\ g\ Cu = 2.369\ g\ Cu$

(iii) নং সমীকরণ মতে, 3 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cr অর্থাৎ $= 52\ g\ Cr$

$\therefore \frac{72\ F}{965}$ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় $= \frac{52 \times 72}{3 \times 965}\ g\ Cr = 1.293\ g\ Cr$

**উত্তর ঃ** Ag = 8.058 g; Cu = 2.369 g; Cr = 1.293 g.

## ১১.৮। ফ্যারাডের সূত্রাবলির তাৎপর্য
### Significance of Faraday's Laws

১। পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন ও রাসায়নিক বন্ধনের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব জানার পরে ফ্যারাডের সূত্রসমূহ পরিষ্কারভাবে বোঝা যায়। যে কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যার সমান সংখ্যক প্রোটন থাকে। একটি পরমাণুতে সাধারণ অবস্থায় প্রোটনের সমান সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে, যারা নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে পরিভ্রমণ রত।

২। কোন পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন বর্জন করা হলে সে পরমাণুতে একটি নিট ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়; অপরদিকে একটি পরমাণু অন্য কোন পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করলে তাতে একটি ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়।

৩। একটি পরমাণু বা পরমাণুগুচ্ছ যখন তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে না, অর্থাৎ তাতে যখন নিট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়, তখন তাকে আয়ন বলা হয়।

৪। যদি কোন পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে, তখন $n^+$ আধানবিশিষ্ট ক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়। আবার কোন পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করলে $n^-$ আধানবিশিষ্ট অ্যানায়নের সৃষ্টি হয়।

৫। সাধারণভাবে একটি ধাতু ও অধাতু পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করার সময় ধাতু পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অধাতু পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। এভাবে আয়নিক যৌগসমূহ গঠিত হয়। যেমন Na ও Cl পরমাণুর মধ্যে বিক্রিয়ার সময় সোডিয়াম পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন ক্লোরিন পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। অর্থাৎ $Na^+$ ও $Cl^-$ আয়নের সৃষ্টি হয়। $Na = Na^+ + e^-$ ; $Cl + e^- = Cl^-$ । আয়নিক যৌগের স্ফটিকে আয়নসমূহ কেলাস ল্যাটিসে আবদ্ধ থাকে।

http://pdfcorner.com

৬। অপরদিকে দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় আয়নসমূহ মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে, তখন এদের পক্ষে তড়িৎ পরিবহন সম্ভব হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় আয়নিক যৌগ গঠনের বিপরীত প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ ক্যাথোডে ক্যাটায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে আধানবিহীন পরমাণুতে পরিণত হয়। যেমন,

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

আর অ্যানোডে অ্যানায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন দান করে আধানবিহীন পরমাণুতে পরিণত হয়। যেমন—

$$Cl^- = Cl + e^-$$

পরবর্তীতে সকল পরমাণু নিজেদের মধ্যে অথবা দ্রাবকের বা তড়িৎদ্বারের সাথে বিক্রিয়া করতে পারে। যেমন—

$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \; ; \qquad Na^+ + OH^- \longrightarrow NaOH$$

৭। এ সকল আলোচনা থেকে একটি বিষয় স্পষ্ট যে, তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় একটি একযোজী ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে। যোজনী n হলে ক্যাটায়ন ও অ্যান্যায়ন n টি ইলেকট্রন যথাক্রমে গ্রহণ ও বর্জন করে।

৮। আবার ক্যাটায়নের এক মোল পরিমাণে $N_A$ টি ক্যাটায়ন বিদ্যমান যেখানে $N_A$ হচ্ছে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা। সুতরাং n যোজনী বিশিষ্ট কোন ক্যাটায়নের এক মোল পরিমাণ থেকে এক মোল পরমাণু পেতে হলে $nN_A$টি ইলেকট্রন প্রয়োজন। সুতরাং সে ক্যাটায়নের এক গ্রাম-তুল্য ভর অর্থাৎ $1/n$ সংখ্যক মোল ক্যাটায়ন থেকে $1/n$ সংখ্যক মোল পরমাণু পেতে $nN_A \div n = N_A$টি ইলেকট্রন প্রয়োজন। একইভাবে m যোজনী বিশিষ্ট এক মোল অ্যানায়ন থেকে এক মোল পরমাণু পেতে $mN_A$ সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করতে হবে।

নিম্নের উদাহরণসমূহের সাহায্যে উপরের বক্তব্য সহজে ব্যাখ্যা করা যায়।

**(ক) একযোজী (ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে) ঃ**

$Na^+ + e^- = Na$ (একটি পরমাণুর জন্য)

$\therefore 6.022 \times 10^{23} \; Na^+ + 6.022 \times 10^{23} \; e = 6.022 \times 10^{23} \; Na$

বা, 1 মোল $Na^+$ + 1 মোল $e^-$ = 1 মোল Na

**(খ) একযোজী অ্যানায়নের ক্ষেত্রে ঃ**

$Cl^- = Cl + e^-$

$\therefore 6.022 \times 10^{23} \; Cl - 6.022 \times 10^{23} \; e^- = 6.022 \times 10^{23} \; Cl$

বা, 1 মোল $Cl^-$ = 1 মোল Cl + 1 মোল $e^-$

**(গ) দ্বিযোজী ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে ঃ**

$Ca^{2+} + 2e^- = Ca$ (একটি পরমাণুর জন্য)

$\therefore 6.022 \times 10^{23} \; Ca^{2+} + 2 \times 6.022 \times 10^{23} \; e^- = 6.022 \times 10^{23} \; Ca$

বা, 1 মোল $Ca^{2+}$ + 2 মোল $e^-$ = 1 মোল Ca

## ১১.৮.১। ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা
### Applicability and Limitation of Faraday's Law's

**(ক) প্রযোজ্যতা ঃ** (i) ফ্যারাডের সূত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য-দ্রবণে ও গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে সমভাবে প্রযোজ্য। (ii) ফ্যারাডের সূত্রের উপর চাপ ও দ্রবণের ঘনমাত্রার বিশেষ কোন প্রভাব নেই। তবে তাপের প্রভাব আছে, উত্তপ্ত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবহন সহজ হয়।

**(খ) সীমাবদ্ধতা ঃ** (i) ফ্যারাডের সূত্র কেবলমাত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর বেলায় প্রযোজ্য। ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়; কারণ এক্ষেত্রে জারণ-বিজারণ ঘটে না। (ii) যে সব ক্ষেত্রে শতভাগ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদ্ধতিতে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, শুধুমাত্র সে সব ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র শতভাগ প্রযোজ্য। (iii) কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে এক সাথে একাধিক জারণ-বিজারণ ঘটলে ফ্যারাডের সূত্রের গণনার ক্ষেত্রে ত্রুটি ঘটবে।

http://pdfcorner.com

## ১১.৯। ফ্যারাডের সূত্রের প্রয়োগ
### Application of Faraday's Law

**(ক) ইলেকট্রনের চার্জ গণনা ঃ**

ফ্যারাডের ১ম সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$N_A e^- = 1 \text{ ফ্যারাডে} = 96500 \text{ কুলম্ব (C)}$$

এখানে $e^-$ = একটি ইলেকট্রনের চার্জ; $N_A$ = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

$$\therefore \quad e^- = \frac{96500C}{N_A} = \frac{96500C}{6.022 \times 10^{23}} = 1.60245 \times 10^{-19} \text{ C}।$$

এভাবে হিসাবকৃত ইলেকট্রনের চার্জের পরিমাণ বিভিন্ন পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত ইলেকট্রনের চার্জের সমান। এ থেকে ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য বোঝা যায় এবং প্রমাণিত হয় যে, **1 মোল ইলেকট্রন = 1 ফ্যারাডে (F)**।

## ১১.১০। শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার
### Uses of Electrolysis in Industry

শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যাপক ব্যবহার আছে; বিশেষ করে তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে বিভিন্ন ধাতুর নিষ্কাশন, ধাতুর বিশুদ্ধকরণ, বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন এবং ইলেকট্রোপ্লেটিং ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। নিম্নে শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের কিছু ব্যবহার উল্লেখ করা হল।

১। ডাউন পদ্ধতিতে গলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।

২। মারকারি ক্যাথোড সেলে NaCl এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে কস্টিক সোডা NaOH, $H_2$ , ক্লোরিন উৎপাদন।

৩। NaCl এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ক্লোরেট (I), NaClO উৎপাদন।

৪। গলিত $CaCl_2$ ও গলিত $MgCl_2$ এর তড়িৎ বিশ্লেষণে যথাক্রমে Ca ধাতু ও Mg ধাতু নিষ্কাশন।

৫। বিশুদ্ধ বক্সাইট বা অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) এর তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।

৬। তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন পদ্ধতিতে বিভিন্ন ধাতুর উপর নিকেল ও ক্রোমিয়ামের প্রলেপ দেয়া হয়।

পরবর্তী পৃষ্ঠায় তড়িৎ বিশ্লেষণের কিছু প্রয়োগ সবিস্তারে আলোচনা করা হল ঃ

## ১১.১০.১। ক্ষার ধাতুসমূহের নিষ্কাশন
### Extraction of Alkali Metals

**মূলনীতি ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের উৎপাদনের একমাত্র পদ্ধতি হচ্ছে তাদের গলিত লবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ। কারণ ক্ষার ধাতুসমূহ অত্যন্ত সক্রিয় বিজারক । এ কারণে তাদের অক্সাইড যেমন $Na_2O$ হতে রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতি যেমন, কার্বন বিজারণ পদ্ধতি দ্বারা ক্ষার ধাতু যেমন Na ধাতু মুক্ত করা সম্ভব নয়। ডাউনের পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ হতে ধাতব সোডিয়াম উৎপাদন করা হয়।

**(ক) সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন ঃ ডাউন পদ্ধতির মূলনীতি ঃ** গলিত NaCl এর মধ্যে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু জমা হয় এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস বের হয়।

তড়িৎ বিশ্লেষ্য ঃ $NaCl\ (l) \xrightarrow{\Delta} Na^+(l) + Cl^-(l)$

অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^-\ (l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2Na^+\ (l) + 2e^- \longrightarrow 2Na(s)$

**ডাউন পদ্ধতির চিত্র ও বর্ণনা ঃ** অনুচ্ছেদ ১৬.১৮ দ্রষ্টব্য।

http://pdfcorner.com

**(খ) K ও Li ধাতু নিষ্কাশন ঃ** গলিত পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং গলিত লিথিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ হতে যথাক্রমে পটাসিয়াম ও লিথিয়াম ধাতু উৎপন্ন করা হয়। এ সকল ধাতু অনেক গুরুত্বপূর্ণ যৌগ তৈরিতে, গবেষণায় এবং আরো অনেকক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ক্ষার ধাতুসমূহের মধ্যে রুবিডিয়াম ও সিজিয়ামও তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে তৈরি করা হয়। অবশ্য এদের ব্যবসায়িক ব্যবহার কম; প্রধানত গবেষণায় এরা ব্যবহৃত হয়।

## ১১.১০.২। ক্লোরিন-ক্ষার উৎপাদন

### Manufacture of Chlorine-Alkali

**মূলনীতি ঃ** ব্রাইন বা NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে $Na^+$, $Cl^-$ আয়নের সাথে পানির স্বল্প বিয়োজনে উৎপন্ন $H^+$ ও $OH^-$ আয়ন থাকে। ব্রাইনের মধ্যে বিদ্যুৎ চালনা করলে অ্যানোডে $Cl_2$ গ্যাস, ক্যাথোডে $H_2$ গ্যাস নির্গত হয়। পারদ বা মারকারি ক্যাথোড সেল ব্যবহার করলে, $Na^+$ আয়ন তা থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে সোডিয়াম ধাতুতে ও পরে সোডিয়াম অ্যামালগামে পরিণত হয়। সোডিয়াম অ্যামালগামের Na ধাতু ও পানির বিক্রিয়ায় NaOH দ্রবণ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$NaCl(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$ [ অধিক বিয়োজন ঘটে।]

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$ [ স্বল্প বিয়োজন ঘটে। ]

গ্রাফাইট অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

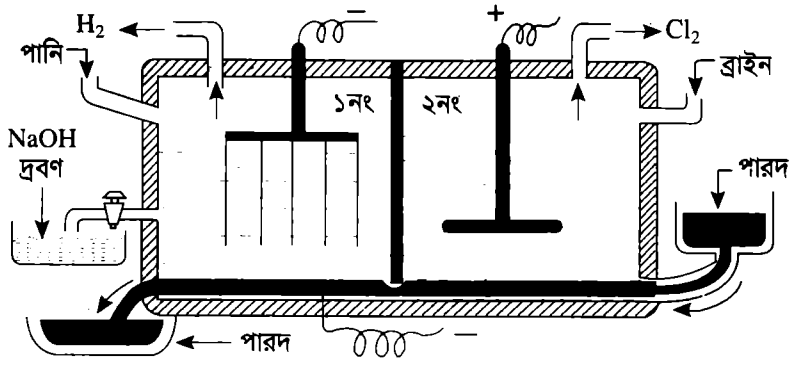
লৌহ ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

মারকারি ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2Na^+(aq) + 2e^- + 2Hg(l) \longrightarrow 2NaHg(l)$ (সোডিয়াম অ্যামালগাম)

পানির সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ $2Na.Hg(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g) + 2Hg(l)$

**কাস্টনার মারকারি ক্যাথোড সেলে ক্লোরিন–ক্ষার উৎপাদন ঃ** কাস্টনার সেলটি সিমেন্টের তৈরি আয়তাকার পাত্রবিশেষ। কাঠের প্রাচীর দিয়ে এটি দুটি কামরায় বিভক্ত। পারদের পাত্র হতে তরল পারদ ২নং ও ১নং কামরার কাঠের প্রাচীরের তলদেশের ফাঁক দিয়ে মেঝের উপর প্রবাহিত হয়ে বাইরের পাত্রে জমা হয়। সময় মত ঐ পারদকে পুনরায় পারদের পাত্রে নেয়া হয়। ২নং কামরায় একটি গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোডরূপে ও ১নং কামরায় ক্যাথোডরূপে কয়েকটি লৌহদণ্ড ঝুলানো থাকে। তারের সাহায্যে লৌহ ক্যাথোড ও পারদস্তর যুক্ত থাকে।

২নং কামরায় ব্রাইন ও ১নং কামরায় সামান্য NaOH মিশ্রিত পানি যোগ করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটতে থাকে। তখন ২নং কামরায় অ্যানোডরূপী গ্রাফাইট দণ্ডে ক্লোরাইড আয়ন ($Cl^{-1}$)




চিত্র ১১.৫ ঃ কাস্টনার মারকারি ক্যাথোড সেলে ক্লোরিন ও কস্টিক সোডা উৎপাদন।

http://pdfcorner.com

বিদ্যুৎ চার্জ মুক্ত হয়ে $Cl_2$ গ্যাসে পরিণত ও নির্গম নল দিয়ে বের হয়। সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) নিচের প্রবাহমান পারদ বা মারকারি ক্যাথোডে বিজারিত হয়ে প্রথমে Na ধাতু পরে সোডিয়াম অ্যামালগাম (Na.Hg) রূপে ১নং কামরায় প্রবেশ করে। তখন সোডিয়াম অ্যামালগাম (Na.Hg) ও পানির বিক্রিয়ায় NaOH দ্রবণ, $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন ও মারকারি (Hg) মুক্ত হয়। ১নং কামরায় পানির স্বল্প বিয়োজনে উৎপন্ন $H^+$ আয়ন লৌহদণ্ড ক্যাথোডে বিজারিত হয়ে $H_2$ গ্যাসে পরিণত ও নির্গম নল দিয়ে বের হয়। উৎপন্ন NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা 40% হলে ঐ দ্রবণকে ১নং কামরা থেকে বের করে লোহার কড়াইতে তাপ প্রয়োগে শুষ্ক করা হয় এবং গোলাকার পিলেট আকারে বাজারজাত করা হয়।

## ১১.১০.৩। অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন
### Extraction of Aluminium Metal

**বিশুষ্ক বক্সাইটের তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে অত্যন্ত সুলভে অ্যালুমিনিয়াম** নিষ্কাশন করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন প্রধানত নিম্নোক্ত দু'স্তরে সম্পন্ন করা হয়। যেমন, (১) বক্সাইটের বিশোধনে অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) উৎপাদন [ অনুচ্ছেদ ১৭.৬ (১ক) দ্রষ্টব্য ], (২) অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদন।

**(ক) বক্সাইটের বিশোধনে অ্যালুমিনা উৎপাদন ঃ** প্রথমে বক্সাইট ($Al_2O_3 . 2H_2O$) থেকে অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) উৎপাদন করা হয়। এজন্য গুঁড়া বক্সাইটকে 45% NaOH সহ উত্তপ্ত করে দ্রবণীয় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$) তৈরি করা হয়। উৎপন্ন $NaAlO_2$ কে পানিতে দ্রবীভূত করে খনিজমল $SiO_2$ ও $Fe_2O_3$ মুক্ত করা হয়। পরে $NaAlO_2$ কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে $Al(OH)_3$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। শেষে তাকে 1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিশুষ্ক অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) পাওয়া যায়।

**(খ) অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদন ঃ**

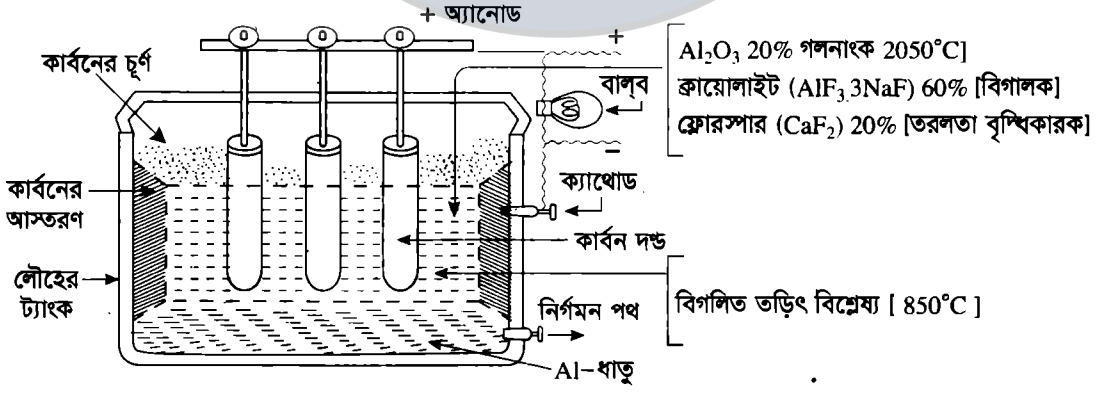
**মূলনীতি ঃ** বিশুষ্ক অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) এর তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। উৎপন্ন $O_2$ কার্বনের সাথে বিক্রিয়ায় $CO_2$ গ্যাসে পরিণত হয়।

তড়িৎ কোষে বিয়োজন ঃ $Al_2O_3$ (গলিত) $\rightleftharpoons Al^{3+} + AlO_3^{3-}$

অ্যানোডে জারণ ঃ $4\,AlO_3^{3-} \rightarrow 2\,Al_2O_3 + 3O_2(g) + 12\,e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $4\,Al^{3+} + 12\,e^- \rightarrow 4Al$

গ্রাফাইট কার্বনের গুঁড়ার আস্তরণ দেয়া লৌহের ট্যাংকে অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। নিম্নের ১১.৬ নং চিত্রে তা দেখানো হল ঃ




চিত্র ১১.৬ ঃ অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।

**Al-ধাতু উৎপাদনের বর্ণনা ঃ** অনুচ্ছেদ ১৭.৬ এর (২) অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্রষ্টব্য।

http://pdfcorner.com

## ১১.১০.৪। ব্লিস্টার কপারের তড়িৎ বিশুদ্ধিকরণ
### Refining of Blister Copper by Electrolysis

**ব্লিস্টার কপার ঃ** কপারের আকরিক থেকে স্ব-বিজারণ পদ্ধতিতে কপার ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। ঐ কপার 98% বিশুদ্ধ হয়। এ অবিশুদ্ধ কপারকে ব্লিস্টার কপার বলা হয়। ব্লিস্টার কপার থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে বিশুদ্ধ কপার উৎপাদন করা হয়। নিম্নে অবিশুদ্ধ কপার বা **ব্লিস্টার কপারের তড়িৎ বিশোধন প্রক্রিয়া** বর্ণনা করা হল।

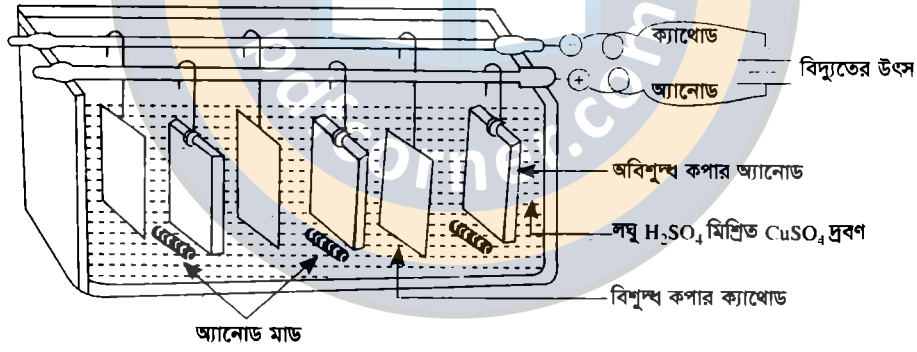
**ব্লিস্টার কপারের বিশুদ্ধিকরণের বর্ণনা ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে 15 – 20% $CuSO_4$ দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য রূপে নেয়া হয়। এর মধ্যে বিশুদ্ধ কপারের ক্যাথোড এবং অবিশুদ্ধ ব্লিস্টার কপারের অ্যানোড ডুবানো থাকে। বিদ্যুৎ চালনা করলে অ্যানোডের কপার পরমাণু $Cu^{2+}$ আয়নরূপে দ্রবীভূত হয়ে কপার সালফেট দ্রবণে আসে এবং দ্রবণ থেকে কপার আয়ন ক্যাথোডে বিজারিত হয়ে বিশুদ্ধ কপাররূপে জমা হবে। অ্যানোডে কপারের সাথে অপদ্রব্য হিসেবে থাকা প্লাটিনাম, গোল্ড, জিংক, আয়রন প্রভৃতি ধাতু পৃথক হয়ে অ্যানোড মাডরূপে অ্যানোডের তলদেশে জমা হতে থাকে। এভাবে অ্যানোড ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ কপার জমতে থাকে। এভাবেই ব্লিস্টার কপার থেকে 99.99% বিশুদ্ধ কপার তৈরি করা হয়।

অবিশুদ্ধ কপারের তড়িৎ বিশোধনে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন ঃ $CuSO_4(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

অবিশুদ্ধ কপার অ্যানোডে জারণ ঃ $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

বিশুদ্ধ কপার ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$




চিত্র ১১.৭ ঃ ব্লিস্টার কপারের তড়িৎ বিশ্লেষণ।

## ১১.১০.৫। ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন
### Electroplating

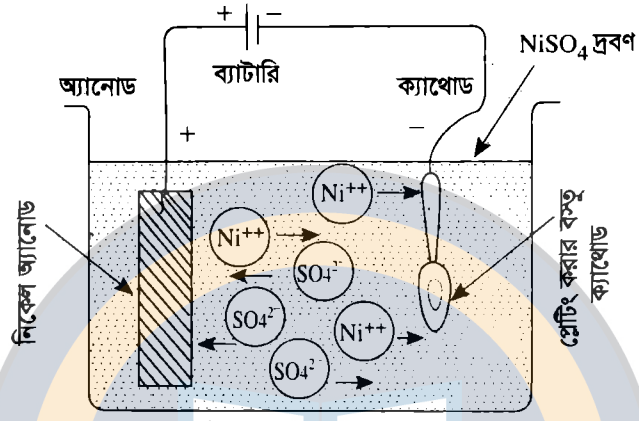
**(ক) সংজ্ঞা ঃ তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে একটি অধিক সক্রিয় ধাতুর তৈরি জিনিসপত্রের উপর অন্য একটি কম সক্রিয় ধাতুর প্রলেপ সৃষ্টি করাকে ইলেকট্রোপ্লেটিং বলা হয়।**

**(খ) ইলেকট্রোপ্লেটিং-এর উদ্দেশ্য বা ব্যবহার ঃ** (১) সাধারণ লোহার তৈরি জিনিসপত্রে বাতাস ও জলীয় বাষ্পের ক্রিয়ায় সহজেই মরিচা ধরে। ফলে এরা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। নিকেল বা ক্রোমিয়াম প্রলেপযুক্ত হওয়ার পর লোহার জিনিসে মরিচা ধরে না, ক্ষয়প্রাপ্তও হয় না। (২) তড়িৎ প্রলেপন দ্বারা বস্তুটিকে অত্যন্ত উজ্জ্বল দেখায়। ঘড়ির চেইনটি দেখতে রুপার মতো উজ্জ্বল; প্রকৃতপক্ষে এর ভেতরে লোহা, উপরে ক্রোমিয়ামের প্রলেপ। (৩) তড়িৎ প্রলেপন দ্বারা ধাতব পদার্থের অধিক স্থায়িত্ব লাভ ঘটে।



http://pdfcorner.com

**(গ) ইলেকট্রোপ্লেটিং এর বর্ণনা ঃ** (১) লোহার তৈরি কোন জিনিসকে যেমন লোহার চামচকে প্রথমে লঘু কস্টিক সোডা ও পরে লঘু সালফিউরিক এসিডে ধুয়ে নিয়ে এর পৃষ্ঠতলকে পরিষ্কার করা হয়। (২) কাচের পাত্রে নিকেল সালফেট ($NiSO_4$) এর দ্রবণ নিয়ে একটি নিকেল ধাতুর দণ্ডকে অ্যানোডরূপে এবং লোহার তৈরি পরিষ্কার চামচ (প্লেটিং করার বস্তু)– কে ক্যাথোডরূপে ঐ দ্রবণে নিমজ্জিত রাখা হয় (চিত্র ১১.৮)। দ্রবণে নিকেল আয়নের পরিমাণ যেন হ্রাস না পায় সেজন্য নিকেলের তৈরি অ্যানোড ব্যবহার করা হয়। (৩) ব্যাটারি থেকে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডরূপী লোহার চামচের উপর নিকেল ধাতুর প্রলেপ পড়ে। অ্যানোডে ও ক্যাথোডে বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ




চিত্র ১১.৮ ঃ লোহার চামচের উপর নিকেল দ্বারা তড়িৎ প্রলেপন।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন ঃ $NiSO_4\ (aq) \longrightarrow Ni^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

অ্যানোডে জারণ ঃ $Ni(s) \longrightarrow Ni^{2+}\ (aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $Ni^{2+}\ (aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$ [ প্রলেপ ]

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **বিদ্যুৎ পরিবাহী ঃ** যে সব কঠিন পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচল করতে পারে, তাদেরকে ইলেকট্রনীয় বিদ্যুৎ পরিবাহী বলা হয়।

✪ **তড়িৎ বিশ্লেষ্য ঃ** যে সব যৌগ বিগলিত বা পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে এবং সে সাথে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাদেরকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য যৌগ বলা হয়।

✪ **তড়িৎ অবিশ্লেষ্য ঃ** যে সব যৌগ বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে না, তাদেরকে তড়িৎ অবিশ্লেষ্য যৌগ বলা হয়।

✪ **তড়িৎ বিশ্লেষণ ঃ** বিগলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের সময় সে যৌগের বিয়োজন বা রাসায়নিক পরিবর্তনকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলা হয়।

✪ **তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোস ঃ** যে পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণ চালানো হয়, তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ বলা হয়।

✪ **তড়িৎদ্বার ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় বিগলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে দুটি ইলেকট্রনীয় পরিবাহী প্রবেশ করাতে হয়, তাদেরকে তড়িৎদ্বার বলা হয়। যে তড়িৎদ্বার বাইরের বিদ্যুৎ উৎসের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে, তাকে **অ্যানোড** এবং যে তড়িৎদ্বার বিদ্যুৎ উৎসের ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে, তাকে **ক্যাথোড** বলা হয়।

✪ **তড়িৎ বিশ্লেষণ সংক্রান্ত ফ্যারাডের সূত্র ঃ (১) প্রথম সূত্র ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যে কোন তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিমাণ প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণের সমানুপাতিক। **(২) দ্বিতীয় সূত্র ঃ** যদি বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়, তবে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত বস্তুগুলোর ভরের পরিমাণ; তাদের নিজ নিজ গ্রাম–পারমাণবিক ভরকে চার্জ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাদের সমানুপাতিক হবে।

http://pdfcorner.com

✪ **ফ্যারাডে ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে 1 মোল $Ag^+$ আয়নকে বিজারিত করতে 1 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন হয়। 1 মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জের পরিমাণকে এক ফ্যারাডে বলা হয়। এক ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব। প্রকৃতপক্ষে 1 মোল ইলেকট্রনের চার্জ হচ্ছে এক ফ্যারাডে।

✪ **সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে** অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

✪ **ইলেকট্রোপ্লেটিং ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে একটি ধাতুর তৈরি জিনিসপত্রের উপর অন্য একটি কম সক্রিয় ধাতুর প্রলেপ সৃষ্টি করাকে ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন বলা হয়।

## অনুশীলনী–১১ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ বলতে কী বুঝ?
(খ) তড়িৎ পরিবাহী ও তড়িৎ অপরিবাহী বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও।
(গ) ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য উদাহরণসহ লেখ। [কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]

২। (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্রিয়া–কৌশল একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) 'তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ–বিজারণ প্রক্রিয়া' এ উক্তিটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১০]

৩। সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সংঘটিত রাসায়নিক পরিবর্তনসমূহ ব্যাখ্যা কর।

৪। (ক) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্রদ্বয় বিবৃত কর ও গাণিতিক ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭, ২০০৯; রা. বো. ২০১১, ২০০৮; ব. বো. ২০০৭, ২০১০; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]
(খ) ফ্যারাডের ১ম ও ২য় সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা কর। [ চ. বো. ২০০৮ ]
(গ) ফ্যারাডের ২য় সূত্রের গাণিতিক ও পরীক্ষাগত ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০০৫]

৫। শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ৬টি ব্যবহার লেখ।

৬। (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ক্ষার ধাতু নিষ্কাশনের মূলনীতি উদাহরণসহ লেখ।
(খ) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে ক্লোরিন–ক্ষার উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ।
(গ) বিশুদ্ধ বক্সাইট বা অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণে Al ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর।
(ঘ) তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে কীভাবে ব্লিস্টার কপারের বিশুদ্ধিকরণ করা যায়?
(ঙ) ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন বলতে কী বুঝ? এটা কী উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয় উদাহরণসহ লেখ। [ ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৭, ২০১০; ব. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১০ ]
(চ) লোহার চামচের উপর নিকেল প্লেটিং পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

### খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) এক ফ্যারাডে বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১]
(খ) এক ফ্যারাডে এক মোল ইলেকট্রনের সমান, তা কীভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?
(গ) ফ্যারাডের সূত্র থেকে ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। [ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১০; য. বো. ২০০৮; ব. বো. '১০, '১১; দি. বো. ২০১১]
(ঘ) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা ও উদাহরণ দাও। [ব. বো. ২০১০]

২। টীকা লেখ ও ব্যাখ্যা কর
(ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য;
(খ) তড়িৎ–রাসায়নিক সারি [চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

(গ) কঠিন অবস্থায় NaCl তড়িৎ পরিবাহী নয়; কিন্তু বিগলিত অবস্থায় ও দ্রবণে তড়িৎ পরিবাহী কেন?
(ঘ) NaCl দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে; কিন্তু $CCl_4$ কোন অবস্থায় তা করে না কেন ব্যাখ্যা কর।
(ঙ) গলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণ ও জলীয় NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণ সমীকরণসহ লেখ।

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা–১১

১। (ক) একটি একযোজী ধাতব আয়ন $1.60245 \times 10^{-19}$ C বিদ্যুৎ পরিবহন করলে তবে ঐ ধাতুর 1g মোল আয়ন কী পরিমাণ বিদ্যুৎ পরিবহন করবে? [ উঃ 96,499.5 C ]

(খ) গলিত $CaCl_2$ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 20.0 g ক্যালসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে? [ উঃ 96500 C]

২। (ক) একটি $AgNO_3$ দ্রবণে 50 min যাবৎ 0.20 অ্যাম্পিয়ার শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কত পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [Ag = 108] [ উ ঃ 0.6715 g ]

(খ) $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করা হল। এতে কত পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [ উ ঃ 3.3575 g ] [রা. বো. ২০১০]

৩। (ক) $CuSO_4$ এর দ্রবণে 15 min. সময় যাবৎ 5A বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার জমা হবে? [Cu = 63.5] [উ ঃ 1.48 g Cu (প্রায়) [ঢা. বো. ২০১১; চ. বো. ২০০৪; য. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮]

(খ) তুঁতের জলীয় দ্রবণে 0.5A মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ 10 min ধরে চালনা করলে কী পরিমাণ কপার ক্যাথোডে জমা হবে? [ উঃ 0.0987 g] [ চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৬, ২০০৮

৪। (ক) $CuSO_4$ দ্রবণে 2 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ কতক্ষণ চালনা করলে ক্যাথোডে 2.368 g কপার সঞ্চিত করে? [ Cu = 63.54 ] [ উ ঃ 59.94 min বা, 60 min ] [য. বো. ২০০৪]

(খ) গলিত $AlCl_3$ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে 1.5A শক্তির বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 1.6 g Al ধাতু জমা হবে? (Al এর পাঃ ভর = 27) [ উঃ 3.177 hrs]

(গ) $H_2SO_4$ এর লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়ে 2.5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ কতক্ষণ চালনা করলে আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে 600 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হবে? [ উ ঃ 34.46 min]

৫। (ক) $H_2SO_4$ মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে 1.5 ঘণ্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে 500 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের শক্তিমাত্রা কত ছিল? [ উ ঃ 0.7978 A ]

(খ) $H_2SO_4$ মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে STP তে 500 mL $H_2$ গ্যাস পাওয়া গেল। এতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করা হয়। [ উঃ 4308.036C]
[কু. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৯, ২০১০; রা. বো. ২০০৪]

৬। $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে 5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ 30 মিনিট যাবৎ চালনা করা হল। ক্যাথোডে কী পরিমাণ নিকেল জমা হবে? [ Ni = 58.7 ] [ উঃ 2.737 g] [ব. বো. ২০১০]

৭। 0.5L আয়তনের 2M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 3.7A শক্তির বিদ্যুৎ 6.0 ঘণ্টা যাবৎ চালনা করা হলে তড়িৎ বিশ্লেষণের পর ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত হবে? [ Ni = 58.7 ] [ উঃ 1.172 M ]

৮। একটি অ্যালুমিনিয়াম শিল্পে দৈনিক 20 টন Al ধাতু উৎপাদন করে। যদি দৈনিক সময় 30000 সেকেন্ড কার্যকাল হয়, তবে এতে দৈনিক কত ফ্যারাডে বিদ্যুৎ ও কত শক্তির বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে?
[1 টন = 1000 kg এবং Al = 26.98] [ উঃ $2.22387 \times 10^6$F; $7.15 \times 10^6$ A ]

৯। নিকেল আয়নের দ্রবণে 160 মিনিট যাবৎ 0.1A শক্তির বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.295 g নিকেল জমা হয়। ঐ নিকেল আয়নের চার্জ কত? [ Ni = 58.7 ] [ উঃ $Ni^{2+}$]

১০। $AgNO_3$ ও $Cu(NO_3)_2$ এর দুটি পৃথক দ্রবণকে সিরিজে সংযুক্ত করে তাদের মধ্য দিয়ে কিছুক্ষণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়। এ সময় দ্বিতীয় দ্রবণ থেকে 0.705 g কপার সঞ্চিত হলে প্রথম দ্রবণ থেকে কী পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [Ag = 108, Cu = 63.5] [ উ ঃ 2.398 g ]

http://pdfcorner.com

১১। 5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা যাবৎ সিরিজ সংযোগে $AgNO_3$ দ্রবণ, $CuSO_4$ দ্রবণ ও $Cr_2(SO_4)_3$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করা হয়। প্রতিটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ নির্ণয় কর। সঞ্চিত ধাতুর ভরসমূহ দ্বারা ফ্যারাডের ২য় সূত্র প্রমাণ কর। [Ag = 108, Cu = 63.5, Cr = 52]

[ উঃ Ag = 20.145 g, Cu = 5.922 g, Cr = 3.233 g]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। দুই বন্ধুর ঘড়ির সমভরের লোহার চেইনে পার্থক্য সৃষ্টির জন্য ১ম চেইনে ক্রোমিয়াম (III) এবং ২নং চেইনে নিকেল (II) এর ইলেকট্রোপ্লেটিং করতে এদের লবণের দ্রবণে $9 \times 10^3$C বিদ্যুৎ চালনা করা হল। Cr ও Ni এর পারমাণবিক ভর যথাক্রমে 52 ও 58.7। এটি তড়িৎ বিশ্লেষণের একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ। Al-ধাতু নিষ্কাশনে ও তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

(ক) ইলেকট্রোপ্লেটিং কী? এর দুটি উদ্দেশ্য লেখ। ১

(খ) ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী কাকে বলে? এদের বেলায় বিদ্যুৎ পরিবহন কার মাধ্যমে ঘটে ও কোন সূত্র প্রযোজ্য হয়? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষটি অংকন কর। ১ম ও ২য় চেইনের মধ্যে কোন্ চেইনটি অধিকতর ভারী হবে তা পরিমাণ নির্ণয়সহ মতামত দাও। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা থেকে Al ধাতু নিষ্কাশনের মূলনীতি ও ব্যবহৃত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের উপাদানসহ তড়িৎ কোষের চিত্র অঙ্কন কর। ৪

২। লোহার তৈরি 4 $cm^2$ পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট 15 g ভরের চামচের উপর ক্রোমিয়াম ধাতুর তড়িৎ প্রলেপন করতে হবে। এটি তড়িৎবিশ্লেষণের একটি ব্যবহার। এক্ষেত্রে ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র প্রযোজ্য হয়।

(ক) তড়িৎ প্রলেপন কী? এর দুটি উদ্দেশ্য লেখ। ১

(খ) উদ্দীপকের উদ্দেশ্য মতে তুমি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে ব্যবহৃত অ্যানোড, ক্যাথোড, তড়িৎ বিশ্লেষ্যের নাম তড়িৎ প্রবাহসহ প্রয়োজনীয় চিত্রটি অঙ্কন কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রথম সূত্রটি লেখ ও গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ফ্যারাডে ধ্রুবক বলতে কী বুঝ? ৩

(ঘ) উদ্দীপকের বিষয়বস্তুসহ তড়িৎ প্রলেপনের বিক্রিয়া তিনটি লেখ। তোমার অঙ্কিত তড়িৎ কোষে চিহ্নিত অ্যামেটার মতে 5A বিদ্যুৎ 30 মিনিট চালনা করা হল। ক্যাথোডে বিজারণ বিক্রিয়া মতে কী পরিমাণ Cr ধাতু (পারমাণবিক ভর = 58.7) ক্যাথোডে সঞ্চিত হবে তা গণনা কর। [উঃ 1.825g] ৪

৩। সক্রিয়তা সিরিজে Al এর নিচে অবস্থিত ধাতুসমূহকে এদের আকরিক থেকে কার্বন বিজারণ, স্ববিজারণ অথবা ধাতু-বিজারণ প্রক্রিয়ায় নিষ্কাশন করা হয়। কিন্তু Al ধাতু ও Al এর উপরে অবস্থিত ধাতুসমূহের যৌগকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতু নিষ্কাশন করতে হয়। এ ছাড়া অবিশুদ্ধ ধাতুর বিশোধন, ইলেকট্রোপ্লেটিং ও ব্রাইন থেকে ক্লোরিন-ক্ষার উৎপাদনে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বাণিজ্যিকভাবে ব্যবহৃত হয়।

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ কী? ১

(খ) বিগলিত $Al_2O_3$ এর তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা Al ধাতু নিষ্কাশনে আর কোন্ কোন্ খনিজ পদার্থ ব্যবহৃত হয় এবং কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের ইলেকট্রোপ্লেটিং মতে, চট্টগ্রামের দত্ত জুয়েলার্স মেয়েদের জন্য ইমিটেশন চেইন তৈরি করে। কম দামের ধাতুর তৈরি 10টি চেইনের উপর গোল্ডের প্রলেপন দিতে গোল্ড লবণের ($Au^{3+}$) দ্রবণে গোল্ড অ্যানোড ব্যবহার করে 5.0A বিদ্যুৎ 10 মিনিট যাবৎ চালনা করা হয়। প্রতি 10g

http://pdfcorner.com

গোল্ডের দাম 40,000 টাকা হলে প্রতি চেইনে কত টাকার গোল্ড ব্যবহৃত হয়েছে? [ Au এর পাঃ ভর = 196.97] [ উঃ 816.40 টাকা] ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ব্রাইন কী? ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ক্লোরিন-ক্ষার উৎপাদন চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। নিচের কোন্‌টি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ?
(ক) গলিত NaCl (খ) জৈব এসিড ($CH_3COOH$) (গ) $Ca(OH)_2$ (ঘ) $Mg(OH)_2$

২। নিচের কোন্‌টি ইলেকট্রনীয় পরিবাহী?
(ক) $CuSO_4$ দ্রবণ (খ) গলিত NaCl (গ)Cu-তার (ঘ) HCl এসিড

৩। নিচের কোন্‌টি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহী?
(ক)Al ধাতু (খ) Fe ধাতু (গ) NaCl -এর দ্রবণ (ঘ) Na ধাতু

৪। তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ধনাত্মক আয়ন আকৃষ্ট হয় কোন তড়িৎদ্বারে?
(ক) অ্যানোডে (খ) ক্যাথোডে (গ) অ্যামেটারে (ঘ) কোনটি নয়

৫। 1F বিদ্যুৎ চার্জ বলতে নিচের কোন্‌টিকে বোঝায়?
(ক) 9600C (খ)96500 C (গ) 9650 C (ঘ) 9615C

৬। 1F বিদ্যুৎ চার্জ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে প্রবাহিত হলে দ্বিযোজী মৌলের কয়টি পরমাণু ক্যাথোডে সঞ্চিত হবে?
(ক) $60.023 \times 10^{22}$ (খ)$6.022 \times 10^{23}$ (গ) $3.011 \times 10^{23}$ (ঘ) $2 \times 6.022$

৭। লঘু HCl দ্রবণে 2F বিদ্যুৎ চার্জ প্রবাহিত করলে STP তে ক্যাথোডে সঞ্চিত $H_2$ গ্যাসের আয়তন কত হবে?
(ক) 22.414 L (খ) 24.789 L (গ) 25 L (ঘ) 24.01 L

৮। 5.0A বিদ্যুৎ 10 মিনিট যাবৎ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে প্রবাহিত করলে তড়িৎ চার্জ কত হবে?
(ক) 50 C (খ) 500 C (গ) 3000 C (ঘ) 550C

৯। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্য দিয়ে ১ কুলম্ব বিদ্যুৎ চার্জ প্রবাহিত করলে যত গ্রাম পদার্থ ক্যাথোডে জমা হয়, তাকে কী বলা হয়?
(ক) তুল্যভর (খ) ১ কুলম্ব (গ) ১ ফ্যারাডে (ঘ) ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

১০। সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কোন্‌টি?
(ক) 0.01118g (খ) 0.001118g (গ) 0.1118g (ঘ) 1.118g

১১। হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কোন্‌টি?
(ক) 0.000010447g (খ) 0.00010447g (গ) 0.0010447g (ঘ) 0.010447g

১২। 5A বিদ্যুৎ 10 মিনিট যাবৎ $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ Cu সঞ্চিত হবে (Cu এর পাঃ ভর = 63.5)
(ক) 0.980g (খ) 0.985g (গ) 0.987g (ঘ) 9.87g

১৩। 63.5g Cu ক্যাথোডে সঞ্চিত হতে কী পরিমাণ বিদ্যুৎ চার্জ ব্যয়িত হবে?
(ক) 96.500C (খ) 1F (গ) 2F (ঘ) 3F

১৪। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক এবং ক্রায়োলাইট ও ফ্লোরস্পার মিশ্রণসহ গলনাঙ্ক সেট কোন্‌টি?
(ক) 2050°C, 1000°C (খ) 2050°C, 950°C (গ) 2270°C, 660°C (ঘ) 2270°C, 660°C

http://pdfcorner.com

১৫। 25°C এ লঘু $H_2SO_4$ দ্রবণে 2F বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে $H_2$ গ্যাস নিচের কোন সেট মতে জমা হয়?

(ক) 2.016g, 22.4L (খ) 2.0g , 22.4L (গ) 2.016g, 24.789L (ঘ) 2.0g, 22.414L

১৬। নিচের কোন্‌টি সঠিক নয়?

(ক) ওহমের সূত্র ইলেকট্রনীয় পরিবাহীতে প্রযোজ্য (খ) ধাতব পরিবাহীতে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন,

(গ) তড়িৎ বিশ্লেষ্যে ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য (ঘ) ক্যাথোডে জারণ ঘটে

**খ-১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। গ, ৩। গ,৪। খ, ৫। খ, ৬। গ,৭। ক, ৮। গ, ৯। ঘ, ১০। খ, ১১। ক, ১২। গ, ১৩। গ, ১৪। খ, ১৫। গ, ১৬। ঘ।

## খ- ২ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ)

### ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক

১। তড়িৎ বিশ্লেষণ হল একটি দ্রুত জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া; কারণ—

(i) এতে শুধু ইলেকট্রন বর্জন ঘটে, (ii) এতে শুধু ইলেকট্রন গ্রহণ ঘটে,

(iii) এতে ইলেকট্রন সহজে আদান-প্রদান ঘটে।

এক্ষেত্রে কোনটি সহজ প্রক্রিয়া?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) (গ) (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

২। ফ্যারাডের সূত্র কোন পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে?

(i) ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে (ii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর ক্ষেত্রে

(iii) উভয় শ্রেণীর পরিবাহীর ক্ষেত্রে

এক্ষেত্রে কোনটি সঠিক উত্তর হবে?

(ক) (ii) (খ) (i) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৩। যে সব ক্ষেত্রে শতভাগ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদ্ধতিতে তড়িৎ প্রবাহিত হয় সে সব ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয়,

(i) কুলম্বের সূত্র (ii) ফ্যারাডের সূত্র (iii) উভয় প্রকার সূত্র

এক্ষেত্রে কোনটি সঠিক হবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) , (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৪। নিচের তথ্যসমূহ অনুধাবন কর –

(i) ধাতু ক্ষয়রোধে ইলেকট্রোপ্লেটিং (ii) অবিশুদ্ধ কপারের তড়িৎ বিশ্লেষণে 99.95% বিশুদ্ধ কপার

(iii) অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক হ্রাসে ক্রায়োলাইট

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৫। বিগলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণে সংঘটিত পরিবর্তন হল –

(i) $NaCl(l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(aq)$, (ii) অ্যানোডে, $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

(iii) ক্যাথোডে, $2Na^+(l) + 2e^- \longrightarrow 2Na(s)$

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৬। নিচের তথ্যগুলো অনুধাবন করে সিদ্ধান্ত নাও-

(i) IF = 96500C (ii) কুলম্ব = অ্যাম্পিয়ার × সেকেন্ড (iii) $IF = N_A \times e^-$

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) , (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৭। অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কিত তিনটি তথ্য হল–
(i) অ্যালুমিনা, ক্রায়োলাইট, ফ্লোরস্পার = 20 : 60 : 20; (ii) অ্যানোডে, $6O^{2-} \longrightarrow 3O_2 + 12e^-$
(iii) ক্যাথোডে, $4Al^{3+} + 12e^- \longrightarrow 4Al$
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৮। ইলেকট্রোপ্লেটিং করা হয় নিচের কোন উদ্দেশ্যে?
(i) বিশুদ্ধকরণে (ii) স্থায়িত্ব বৃদ্ধির জন্য (iii) সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৯। 2F বিদ্যুৎ দ্বারা ক্যাথোডে W গ্রাম ধাতু জমা হয়, ঐ ধাতুর গ্রাম পাঃ ভর M ও চার্জ v হলে $W \alpha M/v$ সম্পর্ক হতে জানা যায় –
(i) সঞ্চিত ধাতুর ভর (ii) প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ (iii) সংশ্লিষ্ট আয়নের চার্জ
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ঘ ২। ক, ৩। খ, ৪। ঘ, ৫। ঘ, ৬। গ, ৭। ঘ, ৮। গ, ৯। খ

**খ–৩ MCQ ঃ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ**

১। A ও B চতুর্থ পর্যায়ভুক্ত দুটি ধাতু; উভয় ধাতু দ্বিযোজী ও আয়নিক যৌগ গঠন করে। A এর যৌগটি বর্ণহীন, B হল সর্বশেষ অবস্থান্তর মৌল এবং এর যৌগটি রঙিন, এ তথ্য ভিত্তিক নিচে (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।
(১) $ACl_2$ এর গলিত তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে নিম্নরূপ ঘটে–
(i) 1mol ধাতু তৈরিতে 2F দরকার; (ii) ক্যাথোডে $Cl_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়;
(iii) অ্যানোডে, $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)
(২) $BSO_4$ লবণের দ্রবণে 2F বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে ধাতুটির সঞ্চিত ভর হয়–
(ক) 63.5g (খ) $\frac{1}{2}$ মোল পরমাণু (গ) 31.75g (ঘ) 30.5g

২। ব্লিস্টার কপার 98% বিশুদ্ধ। তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা কপারের বিশুদ্ধিকরণ করা হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্য রূপে 15% $CuSO_4$ দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।
(১) তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রাপ্ত বিশুদ্ধ কপারে কপারের পরিমাণ হয়–
(ক) 99.5% (খ) 99.0% (গ) ৯৯.95% (ঘ) 99.98g
(২) 63.5g Cu তৈরি করতে বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে–
(i) $2 \times 96{,}500C$ (ii) 2F (iii) 1F
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) (ঘ) (i)

খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ ১। (১) খ, (২) ক; ২। (১) ঘ, (২) খ।

http://pdfcorner.com

# ১২ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ
# ELECTRO CHEMICAL CELL

**বিষয়বস্তু ঃ**

- তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ ডেনিয়েল কোষ, এর গঠন, কোষ বিক্রিয়া, কোষের E.M.F. বিভিন্ন তড়িৎ কোষের উপস্থাপন।
- তড়িৎদ্বার বিভব ঃ প্রমাণ একক তড়িৎদ্বার বিভব, নির্দেশক তড়িৎদ্বার।
- প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের ব্যবহার ঃ তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ, কোষের E.M.F সম্পর্কীয় নার্নস্ট সমীকরণ. তড়িৎ কোষের স্বতঃস্ফূর্ততা, দ্রবণের pH নির্ণয়, ধাতুক্ষয় রোধ।
- তড়িৎ কোষের ব্যবহার ঃ প্রাথমিক কোষ, শুষ্ক কোষ; গৌণ কোষ, সঞ্চয়ী কোষ।

## ১২·১। ভূমিকা
### Introduction

তড়িৎ কোষ দু প্রকারের যেমন–তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বা গ্যালভানিক সেল (galvanic cell) ও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষ (electrolytic cell)। এর আগের অধ্যায়ে তোমরা তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ সম্পর্কে জেনেছ। এ অধ্যায়ে গ্যালভানিক সেল বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সম্পর্কে আলোচনা করা হবে।

**তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ যে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বলা হয়।** যেমন, ডেনিয়েল কোষ।

বিজ্ঞানী লুইবিগ গ্যালভানি ও আলেসান্দ্রো ভোল্টা শক্তির এরূপ রূপান্তর লক্ষ্য করেন। তাই তড়িৎ রাসায়নিক কোষকে গ্যালভানিক কোষ (Galvanic cell) বা ভোল্টার কোষ (Voltar cell) ও বলা হয়।

**রাসায়নিক কোষের গঠন ঃ** সাধারণত দুটি ইলেকট্রোড বা তড়িৎদ্বারকে উপযুক্ত দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে নিমজ্জিত করে গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরি করা হয়। এ দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ পরস্পরের সাথে কোনভাবে সংযুক্ত থাকে। দুটি ইলেকট্রোডকে বাহ্যিকভাবে ধাতুর তার দ্বারা সংযুক্ত করলে তার মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এ সময় কোষের অভ্যন্তরে তড়িৎদ্বারদ্বয়ের পৃষ্ঠতলে জারণ–বিজারণ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলেই এক তড়িৎদ্বার থেকে অন্য তড়িৎদ্বারে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়।

**কোষের তড়িচ্চালক বল (E.M.F) ঃ** তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বর্তনী উন্মুক্ত অবস্থায় তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে যে পটেনসিয়াল বা বিভব পার্থক্য হয়, তাকে **কোষের তড়িচ্চালক** বল বা E.M.F (electromotive force) বলা হয় (তড়িৎ + চালক = তড়িচ্চালক)। কোষে সংঘটিত রাসায়নিক পরিবর্তনের উপর তড়িচ্চালক বল নির্ভর করে।

## ১২·২। তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ ডেনিয়েল সেল বা কোষ
### Electrochemical cell : Daniel cell

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ হচ্ছে ডেনিয়েল সেল বা কোষ।

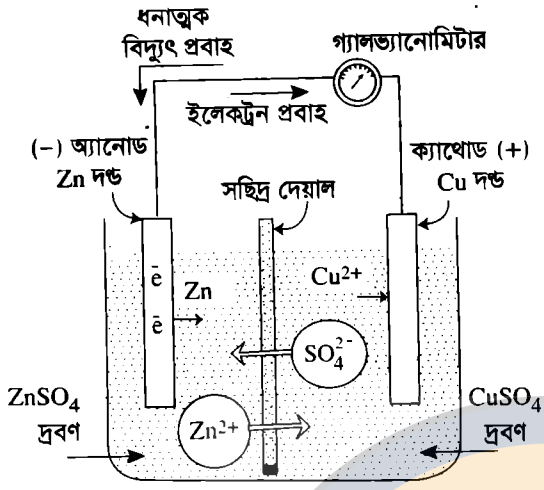
**ডেনিয়েল কোষের গঠন ঃ** ডেনিয়েল কোষ নিম্নরূপে সহজে প্রস্তুত করা যায় (চিত্র ১২·১)। একটি কাচ বা চীনামাটির পাত্রের মাঝখানে একটি সরু ছিদ্রযুক্ত পোড়া মাটির দেয়াল দিয়ে দুভাগ করে একভাগে কপার সালফেট দ্রবণ এবং অপরভাগে জিংক সালফেট দ্রবণ নেয়া হয়। দ্রবণদ্বয়ের উচ্চতা সমান রাখা হয়। কপার সালফেট দ্রবণে একটি **কপার দণ্ড** এবং জিংক সালফেট দ্রবণে একটি **জিংক দণ্ড** প্রবেশ করানো হয়। ডেনিয়েল কোষ তৈরি হয়ে গেল। এখন একটি ধাতুর তার দ্বারা কপার ও জিংক দণ্ডদ্বয়কে একটি গ্যালভ্যানোমিটারের মাধ্যমে সংযোগ করা হয়।

**পর্যবেক্ষণ ঃ** (১) গ্যালভ্যানোমিটারের কাঁটা নড়ে উঠে এবং নির্দেশ করে যে, ডেনিয়েল কোষ বিদ্যুৎ উৎপন্ন করছে।

(২) গ্যালভ্যানোমিটারের কাটা আরো নির্দেশ করেছে; ধাতব তারের মধ্য দিয়ে জিংক দণ্ড থেকে কপার দণ্ডের দিকে ইলেকট্রন প্রবাহিত হচ্ছে। অপর কথায় কপার দণ্ড থেকে জিংক দণ্ডের দিকে ধনাত্মক বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে; অর্থাৎ কপার দণ্ড পজিটিভ প্রান্ত বা ক্যাথোড ও জিংক দণ্ড নেগেটিভ প্রান্ত বা অ্যানোড হিসেবে কাজ করছে।



http://pdfcorner.com




বাহ্যিক বর্তনীর মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহ যে দিকে যাবে; বিদ্যুৎ প্রবাহ তার বিপরীত দিকে যাবে। অর্থাৎ বিদ্যুৎ প্রবাহ ক্যাথোড হতে অ্যানোডের দিকে (Cu → Zn) যাবে।

চিত্র ১২.১ ঃ ডেনিয়েল কোষ। (ধাতব তারের মধ্যদিয়ে জিংক দণ্ড থেকে কপার দণ্ডের দিকে ইলেকট্রন প্রবাহিত হচ্ছে।)

**রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ** জিংক সালফেট দ্রবণে প্রবিষ্ট জিংক দণ্ডকে কোষের একটি তড়িৎদ্বার এবং কপার সালফেট দ্রবণে প্রবিষ্ট কপার দণ্ডকে অপর তড়িৎদ্বার বলে। উভয় তড়িৎদ্বারে নিম্নোক্ত জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। জিংক দণ্ড থেকে জিংক পরমাণু ২টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে জিংক আয়ন ($Zn^{2+}$) রূপে দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। এ সময় দুটি ইলেকট্রন উৎপন্ন হল।

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

এরূপে উৎপাদিত ইলেকট্রনদ্বয় ধাতব তার দিয়ে কপার দণ্ডে যায় এবং কপার সালফেট দ্রবণের কপার আয়ন এ দুটি ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে ধাতব কপারে রূপান্তরিত হয় এবং কপার দণ্ডের গায়ে লেগে যায়। এরূপে জিংক পরমাণু দ্বারা উৎপাদিত ইলেকট্রন দুটি কপার আয়ন দ্বারা ব্যয়িত বা শোষিত হয়ে যায়।

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$

সুতরাং ডেনিয়েল কোষে সামগ্রিকভাবে নিম্নোক্ত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার শক্তিই বিদ্যুৎ প্রবাহে রূপান্তরিত হয়। বিদ্যুৎ প্রবাহের সময় জিংক দণ্ড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, অন্যদিকে কপার দণ্ড ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। এ ডেনিয়েল সেলে 1.1 Volt বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। ডেনিয়েল সেলকে নিম্নরূপে কোষ সংকেত দ্বারা লেখা হয় ঃ

$$Zn(s) \,/\, ZnSO_4(aq) \,\|\, CuSO_4(aq) \,/\, Cu(s) \qquad E = 1.1 \text{ Volt.}$$

বা, $Zn(s) \,/\, Zn^{2+}(aq) \,\|\, Cu^{2+}(aq) \,/\, Cu(s) \qquad E = 1.1$ Volt.

∵ এক্ষেত্রে জিংক দণ্ড থেকে ঋণাত্মক ইলেকট্রন নির্গত হয়, সেহেতু জিংক দণ্ড **ঋণাত্মক প্রান্ত** হিসেবে কাজ করে। অপরদিকে কপার দণ্ড ইলেকট্রন গ্রহণ করে, ফলে কপার দণ্ড **ধনাত্মক প্রান্ত** হিসেবে কাজ করে।

**অর্ধকোষ ঃ** কোষের ঋণাত্মক প্রান্ত ও ধনাত্মক প্রান্ত দুটিকে তড়িৎ কোষের **তড়িৎদ্বার** বলা হয়। দুটি তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে একটি পূর্ণাঙ্গ কোষ গঠিত হয়। কোষের প্রতিটি তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য যুগলকে **অর্ধকোষ** বলা হয়। যে অর্ধকোষে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ বা অ্যানোড অর্ধকোষ বলে। যেমন, ডেনিয়েল সেলে $Zn(s) \,/\, ZnSO_4(aq)$ বা, $Zn(s) \,/\, Zn^{2+}(aq)$ হল একটি জারণ অর্ধকোষ বা অ্যানোড অর্ধকোষ । অনুরূপভাবে যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে তাকে বিজারণ অর্ধকোষ বা ক্যাথোড অর্ধকোষ বলে। যেমন, $CuSO_4(aq) \,/\, Cu(s)$ বা, $Cu^{2+}(aq) \,/\, Cu(s)$ হল বিজারণ অর্ধকোষ।

**অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া ঃ** প্রতিটি অর্ধকোষে সংঘটিত বিক্রিয়াকে **অর্ধকোষ বিক্রিয়া** বলে। দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়াকে একত্রে যোগ করলে ঐ যোগফলকে **কোষ বিক্রিয়া** বলা হয়। ডেনিয়েল সেলে অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া নিম্নরূপ। প্রতিটি কোষের জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া হল একটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া।

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \quad [\text{ জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া, ঋণাত্মক প্রান্তে }]$$

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s) \quad [\text{ বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া, ধনাত্মক প্রান্তে }]$$

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \quad [\text{ জারণ-বিজারণ, কোষ বিক্রিয়া }]$$

http://pdfcorner.com

**(ক) তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক বল বা E.M.F ঃ** যে কোন সম্পূর্ণ গ্যালভানিক কোষের E.M.F বা তড়িচ্চালক বল হল ঐ কোষের বাম তড়িৎদ্বারের **জারণ বিভব** ও ডান তড়িৎদ্বারের **বিজারণ বিভব** মানের বীজগণিতীয় যোগফল। উল্লেখ্য, একটি তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব এবং বিজারণ বিভবের সংখ্যা মান সমান; তবে তাদের চিহ্ন হবে বিপরীত। বর্তমান নিয়ম অনুযায়ী উভয় তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভব সহযোগে কোষের E. M. F হল ঃ

$$E^{\theta}_{\text{কোষ}} = E^{\theta}_{\text{(ক্যাথোড) ডান}} - E^{\theta}_{\text{(অ্যানোড) বাম}}$$

কোন কোষের emf এর তড়িৎদ্বার দুটির বিজারণ বিভবের পার্থক্যের সমান।

ডেনিয়েল কোষের E.M.F= $E^{\theta}_{\text{ক্যাথোড}} - E^{\theta}_{\text{অ্যানোড}} = 0.34(v) - (-0.76v) = 1.1(v)$ [সারণি ১২.১ দ্রষ্টব্য]

**(খ) গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের পার্থক্য**

| গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ | তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ |
|---|---|
| ১। **সংজ্ঞা ঃ** যে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বলে। | ১। **সংজ্ঞা ঃ** যে তড়িৎ কোষে বাইরের উৎস হতে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ বলা হয়। |
| ২। **শক্তির রূপান্তর ধারা ঃ** গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ রাসায়নিক কোষ হল তড়িৎ শক্তি উৎপাদী কোষ। | ২। **শক্তির রূপান্তর ধারা ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ হল তড়িৎ শক্তি ব্যয়ী কোষ। |
| ৩। **বাহ্যিক বর্তনী ঃ** গ্যালভানিক কোষের বাহ্যিক বর্তনীতে কোন পরিবাহী তার থাকলেই চলে, বিদ্যুৎ উৎস যেমন ব্যাটারি যুক্ত থাকে না। | ৩। **বাহ্যিক বর্তনী ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের বাহ্যিক বর্তনীতে তড়িচ্চালক বলের উৎস যেমন ব্যাটারি যুক্ত থাকতে হয়। |
| ৪। **তড়িৎদ্বার প্রকৃতি ঃ** গ্যালভানিক কোষের অ্যানোড ঋণাত্মক ও ক্যাথোড ধনাত্মক। | ৪। **তড়িৎদ্বার প্রকৃতি ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ধনাত্মক ও ক্যাথোড ঋণাত্মক। |
| ৫। **তড়িৎদ্বার অবস্থান ঃ** দুটি ভিন্ন পাত্রে দুটি ভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎদ্বার দুটি থাকে। | ৫। **তড়িৎদ্বার অবস্থান ঃ** একই পাত্রে একই তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎদ্বার দুটি থাকতে পারে। |
| ৬। **রেডক্স বিক্রিয়া ঃ** রেডক্স বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে চলতে থাকে। | ৬। **রেডক্স বিক্রিয়া ঃ** রেডক্স বিক্রিয়া বাহ্যিক উৎসের বিদ্যুৎ প্রবাহের উপর নির্ভরশীল। |
| ৭। **উদাহরণ ঃ** ডেনিয়েল কোষে জারণ–বিজারণ<br>অ্যানোডে জারণ ঃ $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$<br>ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ | ৭। **উদাহরণ ঃ** ডাউন পদ্ধতিতে Na নিষ্কাশন ঃ<br>$NaCl(l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$<br>অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$<br>ক্যাথোডে বিজারণঃ $2Na^+(l) + 2e^- \longrightarrow 2Na(s)$ |

## ১২.৩। বিভিন্ন প্রকার অর্ধকোষ ও বিক্রিয়া

**Different types of half cells & their reactions**

গঠন অনুসারে অর্ধকোষকে পাঁচ শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন–

(১) ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (২) ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ, (৩) ধাতু–অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (৪) একই ধাতুর দুটি ভিন্ন আয়নের জারণ বিজারণ অর্ধকোষ, (৫) গ্যাস অর্ধকোষ।

**১। ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ ঃ** এরূপ অর্ধকোষে কোন ধাতুর সংস্পর্শে ঐ ধাতুর আয়নের দ্রবণ থাকে। এ প্রকার অর্ধকোষকে $M/M^{2+}(aq)$ লেখা হয়। ডেনিয়েল কোষের অর্ধকোষ দুটি এ শ্রেণীর উদাহরণ; যেমন $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ ; $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$

এক্ষেত্রে অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $M(s) \rightleftharpoons M^{2+}(aq) + ne^-$

$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

$Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

http://pdfcorner.com

**২। ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ ঃ** এরূপ অর্ধকোষে কোন ধাতুকে এর কোন অদ্রবণীয় লবণের মধ্যে ঢুকিয়ে রেখে ঐ অদ্রবণীয় লবণের অ্যানায়ন সম্বলিত একটি যৌগের দ্রবণ যোগ করা হয়। যেমন, Ag তারকে অদ্রবণীয় AgCl(s) এর মধ্যে ঢুকিয়ে রেখে এতে HCl বা NaCl দ্রবণ যৌগ করে সৃষ্ট অর্ধকোষটি হয় Ag(s), AgCl(s)/$Cl^-$(aq)। এ শ্রেণীর ক্যালোমেল অর্ধকোষটি হল, Hg(*l*), $Hg_2Cl_2$(s)/$Cl^-$(aq)

অ্যানোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া ঃ $2Hg(l) + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(s) + 2e^-$

ক্যাথোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া ঃ $Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$

**৩। ধাতু–অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ ঃ** অধিক সক্রিয় ধাতুর ও পারদের (Hg) মিশ্রণ দ্বারা তৈরি ধাতু–অ্যামালগাম দন্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। ধাতুর অ্যামালগাম ব্যবহার করায় ধাতুটির জারণ দ্বারা ধাতব আয়নে রূপান্তর নিয়ন্ত্রিত হয়। যেমন সোডিয়াম অ্যামালগাম অর্ধকোষ Na. Hg(s)/$Na^+$(aq)

এক্ষেত্রে অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Na.Hg(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + e^- + Hg(l)$

**৪। জারণ–বিজারণ অর্ধকোষ ঃ** কোন অবস্থান্তর ধাতুর দুটি ভিন্ন জারণ–সংখ্যা বিশিষ্ট দুটি লবণের দ্রবণে একটি নিষ্ক্রিয় ধাতুর (Pt বা Au) তার বৈদ্যুতিক পরিবাহীরূপে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। যেমন,

| **অর্ধকোষ ঃ** | **জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া ঃ** |
|---|---|
| Pt, $Fe^{2+}$(aq)/$Fe^{3+}$(aq) | $Fe^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + e^-$ |
| Au, $Sn^{2+}$(aq)/$Sn^{4+}$(aq) | $Sn^{2+}(aq) \rightleftharpoons Sn^{4+}(aq) + 2e^-$ |

**৫। গ্যাস অর্ধকোষ ঃ** এরূপ অর্ধকোষে নিষ্ক্রিয় ধাতুর (Pt) তারকে $H_2$ বা $Cl_2$ গ্যাসের যৌগের দ্রবণে ডুবিয়ে রেখে 25°C ও 1atm চাপে ঐ গ্যাসকে ঐ দ্রবণে বুদবুদ আকারে চালনা করা হয়। যেমন হাইড্রোজেন অর্ধকোষ।

| **অর্ধকোষ ঃ** | **জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া ঃ** |
|---|---|
| Pt, $H_2$(g) (1atm)/$H^+$(aq)(1M) | $H_2(g) \rightleftharpoons 2H^+(aq) + 2e^-$ |
| Pt, $Cl_2$(g)(atm)/$Cl^-$(aq)(1M) | $2Cl^-(aq) \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2e^-$ |

## ১২·৩.১। তড়িৎদ্বার ও তড়িৎকোষ লেখার সাংকেতিক চিহ্ন ও রীতি
## Notations and Conventions of Writing Electrodes and Cells

তড়িৎদ্বার ও তড়িৎকোষ লেখার জন্য নিম্নোক্ত রীতিসমূহ 1953 খ্রিস্টাব্দে IUPAC সংস্থা কতৃক গৃহীত হয় ঃ

(১) তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সংস্পর্শ তলের স্থানটিকে একটি খাড়া রেখা বা তির্যক রেখা দ্বারা বা কমা দ্বারা প্রকাশ করে তড়িৎদ্বারের সংকেত লেখা হয়। যেমন,

$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$ বা, $Zn(s) / Zn^{2+}(aq)$ বা, $Zn(s), Zn^{2+}(aq)$

(২) অর্ধকোষকে প্রথমে তড়িৎদ্বার ও পরে তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে লিখলে এক্ষেত্রে জারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায়। কিন্তু প্রথমে তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও পরে তড়িৎদ্বার হিসেবে লিখলে তখন বিজারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায়। যেমন,

$Zn(s) / Zn^{2+}(aq)$ ; $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ (জারণ)

$Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$; $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ (বিজারণ)

(৩) জারণ–বিজারণ তড়িৎদ্বারে অথবা গ্যাসবিশিষ্ট তড়িৎদ্বারে যেখানে নিষ্ক্রিয় ধাতুকে যেমন, Pt, Au ইত্যাদিকে বৈদ্যুতিক সংযোগের জন্য ব্যবহার করা হয়, সেক্ষেত্রেও বিধি (ক) ও (খ) ব্যবহৃত হয়। যেমন,

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pt, $Fe^{2+}$ (aq) / $Fe^{3+}$(aq) , | $Fe^{2+}$ (aq) | $\longrightarrow$ | $Fe^{3+}$ (aq) + $e^-$ | (জারণ) |
| $Fe^{3+}$ (aq) / $Fe^{2+}$ (aq) , Pt | $Fe^{3+}$ (aq) + $e^-$ | $\longrightarrow$ | $Fe^{2+}$ (aq) | (বিজারণ) |
| Pt, $H_2$(g) / $H^+$(aq); | $\frac{1}{2}H_2$(g) | $\longrightarrow$ | $H^+$ (aq) + $e^-$ | (জারণ) |

http://pdfcorner.com

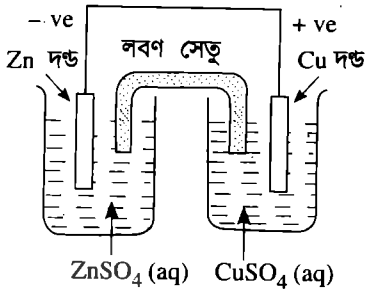
(৪) দুটি অর্ধকোষ বা তড়িৎদ্বার দ্বারা গঠিত একটি পূর্ণাঙ্গ কোষ লেখার সময় যে তড়িৎদ্বারটিতে জারণ ঘটে তাকে বাম পাশে (অ্যানোড) এবং যে তড়িৎদ্বারটিতে বিজারণ ঘটে তাকে ডান পাশে (ক্যাথোড) লেখা হয়। উভয় অর্ধকোষের দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে সছিদ্র দেয়াল দ্বারা সরাসরি সংযোগ করা হলে তখন উভয়ের মধ্যবর্তী স্থানে একটি খাড়া রেখা স্থাপন করা হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষ ঃ

$$Zn(s) \ / \ ZnSO_4\ (aq) \ | \ CuSO_4\ (aq) \ / \ Cu(s)$$

এক্ষেত্রে অর্ধকোষের মধ্যবর্তী রেখাটি অর্ধকোষে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দুটি সরাসরি সংস্পর্শে আছে, তা প্রকাশ পায়।

(৫) তবে উভয় কোষের সংযোগ সাধন যদি একটি লবণ সেতু (salt bridge) দ্বারা করা হয়, তাহলে অর্ধকোষ দুটির মাঝখানে একটি খাড়া দ্বিরেখা দিতে হয়। যেমন,

$$Zn(s) \ / \ ZnSO_4\ (aq) \ || \ CuSO_4\ (aq) \ / \ Cu(s)$$




চিত্র ১২.২ ঃ একটি কোষ (লবণ সেতুসহ)

(৬) তড়িৎ রাসায়নিক কোষের যে তড়িৎদ্বারে জারণ ঘটে, তাকে **অ্যানোড** এবং অ্যানোডের বিভব বা পটেনশিয়ালকে **জারণ বিভব** বলে।

যেমন ডেনিয়েল কোষের অ্যানোডরূপী জিংক তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব + 0.76 V।

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \qquad E^{\circ}_{ox},\ Zn/Zn^{2+} = +\ 0.76\ V$$

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের যে তড়িৎদ্বারে বিজারণ ঘটে, তাকে **ক্যাথোড** বলে এবং ক্যাথোডের বিভব বা পটেনশিয়ালকে **বিজারণ বিভব** বলে।

যেমন ডেনিয়েল কোষের ক্যাথোডরূপী কপার তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব + 0.34 V।

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s) \qquad E^{\circ}_{red},\ Cu^{2+}/Cu = +\ 0.34\ V$$

(৭) তড়িৎ কোষের বহির্বর্তনী দিয়ে যদি ইলেকট্রন বামদিক থেকে ডানদিকে প্রবাহিত হয়, তবে কোষের তড়িচ্চালক বল (e.m.f.) কে ধনাত্মক ধরা হয়। তার বিপরীত দিকে হলে সেক্ষেত্রে কোষের e.m.f. কে ঋণাত্মক ধরা হয়।

যেমন, (i) $Zn(s)/ZnSO_4(aq) \ | \ CuSO_4(aq)/Cu(s)$ $\qquad E^{\theta} = +\ 1.1$ volt

(ii) $Cu\ (s)/CuSO_4(aq) \ | \ ZnSO_4(aq)/Zn(s)$ $\qquad E^{\theta} = -1.1$ volt

যেহেতু কোন তড়িৎ কোষের e.m.f বাস্তবে ঋণাত্মক হতে পারে না; তাই তড়িৎ কোষটিকে এমনভাবে লেখা হয় যেন তার e.m.f ধনাত্মক হয়। তড়িৎ কোষের e.m.f ধনাত্মক হলেই তখন কোষটির বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে।

(৮) (i) তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ২টি তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবের পার্থক্যকে তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক বিভব (e.m.f) বলে । (ii) তবে যেহেতু অ্যানোডে জারণ ও ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে, তাই অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভবের যোগফলকে কোষের e.m.f বলে। (iii) আবার একই তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব ও বিজারণ বিভবের মান সমান কিন্তু চিহ্ন বিপরীত হয়। তাই ক্যাথোডের বিজারণ বিভব থেকে অ্যানোডের বিজারণ বিভবের পার্থক্যকে কোষের e.m.f বলে। একে সংক্ষেপে $E_{cell}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\therefore E_{cell} = E_{anode(ox)} - E_{cathode(ox)}$

$= E_{anode(ox)} + E_{cathoode(red)}$

$= E_{cathode(red)} - E_{anode(red)}$

এক্ষেত্রে $E_{anode(ox)}$ = অ্যানোডের জারণ বিভব

$E_{cathode(ox)}$ = ক্যাথোডের জারণ বিভব

$E_{anode(red)}$ = অ্যানোডের বিজারণ

$E_{cathode(red)}$ = ক্যাথোডের বিজারণ

http://pdfcorner.com

## ১২.৩.২। তড়িৎ কোষ সম্পর্কিত সমস্যা ও সমাধান

**উদাহরণ–১।** $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ ও $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ কোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

**সমাধান ঃ** (i) এক্ষেত্রে জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

$\therefore$ মোট কোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

(ii) কোষ ডায়াগ্রাম হল ঃ $Fe(s)/Fe^{2+}(aq) \,|\, Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$

**উদাহরণ–২।** $Zn(s)/ZnSO_4(aq) \,|\, CuSO_4(aq)/Cu(s)$ এ কোষটির কোষ বিক্রিয়া লেখ। [য. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

$\therefore$ মোট কোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

**উদাহরণ–৩।** $Fe(s)/FeSO_4(aq)$ এবং $Pt, H_2/H_2SO_4(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎকোষের ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

**সমাধান ঃ** (i) এক্ষেত্রে জারণ অধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

$\therefore$ মোট কোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Fe(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$

**(ii) কোষ ডায়াগ্রাম হল ঃ** $Fe(s)/FeSO_4(aq) \,||\, H_2SO_4(aq)/H_2, Pt$

**উদাহরণ–৪।** নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া থেকে কোষ ডায়াগ্রাম লেখ। [চ. বো. ২০০৬]

(i) $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে অ্যানোড রূপে জিংক ইলেকট্রোড $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$ সমন্বয়ে লবণ সেতু সহকারে কোষ ডায়াগ্রাম হল নিম্নরূপ ঃ $Zn(s)/ZnSO_4(aq) \,||\, H_2SO_4(aq)/H_2(g), Pt$

(ii) $Mg(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s)$

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে অ্যানোড রূপে Mg-ইলেকট্রোড $Mg(s)/MgSO_4(aq)$ এবং ক্যাথোডরূপে Cu-ইলেকট্রোড $Cu(s)/CuSO_4(aq)$ সমন্বয়ে কোষ ডায়াগ্রামটি হল ঃ $Mg(s)/MgSO_4(aq) \,|\, CuSO_4(aq)/Cu(s)$

**উদাহরণ–৫।** $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ এবং $Ag(s)/Ag^+(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎকোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ। [চ. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭]

**সমাধান ঃ** (i) এক্ষেত্রে Ag ধাতু অপেক্ষা Zn ধাতু অধিক সক্রিয় হওয়ায় Zn-ইলেকট্রোডে অ্যানোড এবং Ag-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করে তড়িৎ কোষটি তৈরি করতে হবে।

এক্ষেত্রে জারণ–অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

বিজারণ–অর্ধকোষ বিক্রিয়া হল ঃ $2Ag^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(s)$

$\therefore$ মোট কোষ বিক্রিয়া হল ঃ $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

(ii) কোষ ডায়াগ্রাম হল ঃ $Zn(s)/Zn^{2+}(aq) \,|\, Ag^+(aq)/Ag(s)$

## ১২.৪। লবণ সেতু
### Salt Bridge

**সংজ্ঞা ঃ** দুটি অর্ধকোষের মধ্যে পরোক্ষ সংযোগের জন্য একটি বিশেষ লবণ যেমন KCl বা, $KNO_3$ বা, $NH_4NO_3$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ ভর্তি U-আকৃতির কাচ নলের উভয় মুখকে তুলা দ্বারা বন্ধ করে অর্ধকোষদ্বয়ের উভয় তরলের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। অর্ধকোষদ্বয়ের এরূপ পরোক্ষ সংযোগ মাধ্যমকে **লবণ সেতু** বা Salt Bridge বলা হয়; (চিত্র ১২.২)।

http://pdfcorner.com

**লবণ সেতুর ভূমিকা ঃ**

(১) লবণ সেতু অর্ধকোষদ্বয়ের উভয় দ্রবণের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করে কোষের বর্তনী পূর্ণ করে।

(২) লবণ সেতুর মধ্যস্থ তড়িৎ বিশ্লেষ্য [ যেমন KCl ] উভয় অর্ধকোষের দ্রবণের সাথে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না; বরঞ্চ উভয় তরলের মধ্যে প্রয়োজনমত ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন বিনিময়ের ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমরূপে কাজ করে। ফলে উভয় তরলের বৈদ্যুতিক নিরপেক্ষতা (electrical neutrality) বজায় থাকে।

(৩) জারণ অর্ধকোষে উৎপন্ন ধনাত্মক আয়ন যেমন $Zn^{2+}$ আয়ন বৃদ্ধি পাওয়ায় এতে লবণ সেতু থেকে ঋণাত্মক আয়নের ব্যাপন ঘটে। অনুরূপভাবে বিজারণ অর্ধকোষে ধনাত্মক আয়ন যেমন $Cu^{2+}$ আয়ন হ্রাস পাওয়ায় এতে লবণ সেতু থেকে ধনাত্মক আয়নের ব্যাপন ঘটে। ফলে উভয় অর্ধকোষের দ্রবণে তড়িৎ-নিরপেক্ষতা বজায় থাকে।

(৪) লবণ সেতুর অভাবে জারণ অর্ধকোষে ধনাত্মক আয়নের চার্জ ও বিজারণ অর্ধকোষে ঋণাত্মক আয়ন চার্জ বেড়ে যায়। ফলে উভয় অর্ধকোষে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং অল্প সময়ের মধ্যে কোষ বিক্রিয়া তথা বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়।

## ১২·৫। তড়িৎদ্বার বিভবের উৎস ঃ নার্নস্ট-তত্ত্ব
### Source of Electrode Potential : Nernest-Theory

**একক তড়িৎদ্বার বিভব ঃ** যে কোন তড়িৎ রাসায়নিক কোষের দুটি অর্ধকোষের প্রত্যেকটিতে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও একটি ধাতব দন্ড থাকে। প্রতিটি অর্ধকোষের ধাতব দন্ডকে একক তড়িৎদ্বার বলে। **কোষের প্রত্যেকটি তড়িৎদ্বারের পৃষ্ঠতলে একটি নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক বিভবের সৃষ্টি হয়, এ বিভবকে একক তড়িৎদ্বার বিভব বলে।**

**ব্যাখ্যা ঃ** তড়িৎদ্বার বিভবের উৎস রূপে বিজ্ঞানী নার্নস্ট নিম্নরূপ তত্ত্ব উপস্থাপন করেন। ধাতব দন্ডের কেলাসে ধাতুর আয়নসমূহ ল্যাটিসে নির্দিষ্ট স্থানে থাকে এবং এর যোজনী ইলেকট্রনসমূহ ল্যাটিসের ফাঁকা স্থানে চলাচল করে। কোন ধাতুর দন্ডকে এর কোন লবণের দ্রবণে ডুবালে তখন ধাতুর আয়ন ল্যাটিস ত্যাগ করে দ্রবণে প্রবেশের প্রবণতা দেখায়। একে **'দ্রবণ চাপ'** বলা হয়। এ অবস্থায় ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের চার্জের সমসংখ্যক ইলেকট্রন ধাতব দন্ডে অতিরিক্ত থাকে; তাই ধাতব দন্ডটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। ধাতব আয়নগুলো পানির সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রেটেড আয়নরূপে থাকে। আবার হাইড্রেটেড ধাতব ধনাত্মক আয়নগুলো ঐ ধাতব দন্ডের ইলেকট্রন গ্রহণ করে পুনরায় পরমাণুরূপে ধাতব দন্ডে যুক্ত হতে চায়। একে ধনাত্মক আয়নের **অসমোটিক চাপ** বলে। এরূপ প্রবণতার ফলে ধাতব দন্ড ধনাত্মক চার্জযুক্ত হতে পারে।

$$M(s) \rightleftharpoons M^{n+}(aq) + n\bar{e}$$

এ দুটি বিপরীতমুখী প্রবণতার পরিমাণ কখনও সমান হয় না, তাই ধাতব দন্ড ও এর দ্রবণের আয়নের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক বিভব সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে **তড়িৎদ্বার বিভব** বলা হয়।

ধাতব পরমাণুর সক্রিয়তা বা ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি হলে এর 'দ্রবণ-চাপ' বেশি হয় এবং এর আয়নের 'অসমোটিক-চাপ' কম হয়। তখন ঐ তড়িৎদ্বারটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে **অ্যানোড** রূপে কাজ করে। যেমন, জিংক ইলেকট্রোড। অপরদিকে ধাতব পরমাণুর সক্রিয়তা বা ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা কম হলে এর 'দ্রবণ-চাপ' কম হয় এবং এর আয়নের 'অসমোটিক-চাপ' বেশি হয়। তখন ঐ তড়িৎদ্বারটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে **ক্যাথোড** রূপে কাজ করে। যেমন. কপার ইলেকট্রোড। ধাতুর মত হাইড্রোজেন পরমাণুও এর আয়নের দ্রবণে তড়িৎদ্বার বিভব সৃষ্টি করে।

তড়িৎদ্বারের **ধাতব প্রকৃতি, দ্রবণে আয়নের ঘনমাত্রা ও দ্রবণের তাপমাত্রার** উপর তড়িৎদ্বার বিভব নির্ভর করে। যেমন ডেনিয়েল কোষে ব্যবহৃত দুটি অর্ধকোষের সংযোগের ফলে জিংক তড়িৎদ্বার থেকে ইলেকট্রন কপার তড়িৎদ্বারে প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ কপারের তুলনায় জিংক পরমাণু $Zn^{2+}$ আয়নরূপে জারিত হয়ে দ্রবণে প্রবেশের প্রবণতা অধিক দেখায়। তড়িৎদ্বারসমূহের জারিত বা বিজারিত হওয়ার তুলনামূলক পরিমাপ হচ্ছে তড়িৎদ্বার বিভব।

http://pdfcorner.com

## ১২.৫.১। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব
### Standard Electrode Potential

**সংজ্ঞা ঃ** অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা আয়নের সাথে উভমুখী বিক্রিয়া করে থাকে, তার সক্রিয়তা একক মানের অর্থাৎ 1.0 $molL^{-1}$, তাপমাত্রা 298 K (25°C) এবং গ্যাসের ক্ষেত্রে 1atm চাপ হলে, প্রাপ্ত একক তড়িৎদ্বার বিভবকে **প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব** বলে।

**তড়িৎদ্বার বিভবের মান পরিমাপ ঃ** এখন পর্যন্ত এমন কোন পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়নি যার সাহায্যে একক তড়িৎদ্বার বিভব সরাসরি নির্ণয় করা যায়। একক অবস্থায় কোন তড়িৎদ্বারই তড়িৎ উৎপাদনে সক্ষম নয়। অতএব, এর বিভবের সুনির্দিষ্ট মান থাকলেও e.m.f. থাকে না; কিন্তু সম্পূর্ণ কোষের e.m.f. থাকে। অর্থাৎ দুটি ভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব পার্থক্য অথবা দুটি তড়িৎদ্বারের সংযোজনের ফলে উৎপন্ন কোষের e.m.f.-ই কেবল মাপা যায়।

কোন তড়িৎদ্বার বিভবের মান সর্বসম্মতিক্রমে শূন্য ধরে এর সাথে পরীক্ষণীয় তড়িৎদ্বার সংযোগে সৃষ্ট কোষের উৎপন্ন e.m.f. কে তড়িৎদ্বার বিভব ধরা হয়। সর্বজনীন রীতি অনুযায়ী প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়। যে কোন তড়িৎদ্বারের বিভব প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের আপেক্ষিকে মাপা হয়।

## ১২.৫.২ নির্দেশক তড়িৎদ্বার
### Reference Electrode

**সংজ্ঞা ঃ** কোন তড়িৎদ্বারে বিভব মান পরিমাপ করার জন্য অবশ্যই তাকে একটি প্রমাণ তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে একটি সম্পূর্ণ কোষ তৈরি করার পর ঐ সৃষ্ট কোষের e.m.f. নির্ণয় করতে হয়। এ প্রমাণ তড়িৎদ্বারকে **নির্দেশক বা রেফারেন্স তড়িৎদ্বার** বলা হয়। নির্দেশক বা রেফারেন্স তড়িৎদ্বার দুই প্রকার। যেমন,

(১) প্রাইমারি নির্দেশক বা রেফারেন্স তড়িৎদ্বার যেমন প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ও

(২) সেকেন্ডারি নির্দেশক বা রেফারেন্স তড়িৎদ্বার যেমন ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার।

প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার ও সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার উভয়ই প্রমাণ তড়িৎদ্বার রূপে ব্যবহৃত হয়।

## ১২.৫.৩। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের প্রয়োগ
### Applications of Standard Electrode Potential

নিম্নোক্ত কাজে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব যেমন H-তড়িৎদ্বার বিভব ও ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার বিভব ব্যবহৃত হয়।

(১) বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের সাথে প্রমাণ H-তড়িৎদ্বার যুক্ত করে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা হয়। এরূপে প্রমাণ বিজারণ বিভব সিরিজ বা তড়িৎ–রাসায়নিক সিরিজ তৈরি করা হয়।

(২) তড়িৎ কোষের E.M.F গণনায় প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব ব্যবহৃত হয়।

(৩) তড়িৎকোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ণয়ে প্রমাণ তড়িৎ বিভব ব্যবহৃত হয়।

(৪) কোন অম্লীয় দ্রবণের $p^H$ নির্ণয়ে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব ব্যবহৃত হয়।

(৫) ধাতুর ক্ষয় রোধে প্রমাণ তড়িৎদ্বার প্রয়োগ করা হয়।

## ১২.৬। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার
### Standard Hydrogen Electrode

**সংজ্ঞা ঃ** একক সক্রিয়তা বিশিষ্ট অর্থাৎ 1 $molL^{-1}$ ঘনমাত্রার $H^+$ আয়নের দ্রবণে প্লাটিনাম ধাতুর গুঁড়ার আস্তরণ যুক্ত প্লাটিনাম পাত রেখে তাতে 298 K (25°C) তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস বুদবুদ আকারে চালনা করার ফলে সৃষ্ট তড়িৎদ্বারকে **প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার বলে।** প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে নিম্নরূপে লেখা হয় অর্থাৎ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সংকেত হল ঃ

$$Pt \mid H_2\,(g)\ (1\ atm) \mid H^+(aq)\ (1M \text{ or } a = 1);\quad E^\circ = 0.0\,V$$

**হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন ঃ** কয়েক প্রকারের হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার আছে। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার তৈরিতে নিম্নোক্ত শর্ত মেনে চলতে হয়। প্রদত্ত হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের চিত্র মতে–

http://pdfcorner.com

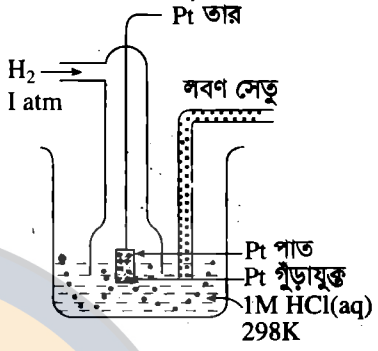
(১) কাচ পাত্রে একক সক্রিয়তা বিশিষ্ট হাইড্রোজেন আয়নের দ্রবণ অর্থাৎ 1M HCl দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

(২) প্রত্যেক ক্ষেত্রে ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট প্লাটিনাম গুঁড়ার আস্তরণযুক্ত (1~ 3) $cm^2$ প্লাটিনাম পাতকে 1M HCl দ্রবণে আংশিক নিমজ্জিত রাখা হয়। এরূপ প্লাটিনাম ধাতু দ্বারা $H_2$ গ্যাস সহজে অধিশোষিত হয়।

(৩) বিশুষ্ক $H_2$ গ্যাসকে 1atm চাপে বুদবুদ আকারে 1M HCl দ্রবণে চালনা করতে হয়।

(৪) দ্রবণের তাপমাত্রা 298 K (25°C) রাখা হয়।

**হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারে বিক্রিয়া ঃ** যখন বিশুষ্ক $H_2$ গ্যাসকে 1atm চাপে বুদবুদ আকারে 1M HCl দ্রবণে চালনা করা হয়, তখন **প্লাটিনাম পাতের অর্ধেক HCl-এর দ্রবণে ডুবানো অবস্থায় এবং অবশিষ্ট অর্ধাংশ গ্যাস এলাকায় থাকে।** প্লাটিনাম পাতে যথেষ্ট পরিমাণ $H_2$ গ্যাস অধিশোষিত হয়। অধিশোষিত $H_2$ অণু প্রয়োজনমত $H^+$ আয়নরূপে দ্রবণে যায়, আবার দ্রবণ হতেও $H^+$ আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে পরমাণু বা অণু হিসেবে প্লাটিনাম পাতের উপর জমা হয়। এক্ষেত্রে উভয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা নিম্নরূপ হয় ঃ




চিত্র ১২.৩ ঃ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড।

$$\frac{1}{2} H_2(g) \rightleftharpoons H^+(aq) + e^-$$

তড়িৎ কোষে সংযুক্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের এ বিক্রিয়াটি কোন দিকে ঘটবে তা কোষের অপর তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব মানের উপর নির্ভর করে। যদি অপর তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের মান হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের চেয়ে কম হয়, তবে বিক্রিয়াটি পেছনের দিকে হবে তখন **হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ক্যাথোড হবে এবং** অপর তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব বেশি হলে সামনের দিকে প্রবাহিত হয় তখন **হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার অ্যানোড** হবে।

**ব্যবহার ঃ** কোন তড়িৎদ্বারের বিভব মাপতে হলে ঐ তড়িৎদ্বারকে একটি প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত করে উৎপন্ন কোষের e.m.f. নির্ণয় করতে হয় যা পরীক্ষণীয় তড়িৎদ্বারের বিভব নির্দেশ করে।

**প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভব ঃ** যেহেতু পূর্ণ তড়িৎকোষের e. m. f বা তড়িচ্চালক বল ঐ তড়িৎকোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের পার্থক্যের সমান, তাই অজানা তড়িৎদ্বারের বিভব মান গণনার সুবিধার্থে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়। তখন হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার যুক্ত তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল বা e. m. f এর মানই ঐ কোষে যুক্ত অজানা তড়িৎদ্বারটির বিভব মান বোঝায়।

হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়–

$$Pt, H_2(g)\ (1atm) \mid H^+(aq)\ (a = 1 \text{ or } 1M\ HCl),\ E^\circ = 0.0V$$

**উদাহরণ ১।** অ্যানোডরূপী জিঙ্ক তড়িৎদ্বারের সাথে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সংযোগের ফলে সৃষ্ট কোষের তড়িচ্চালক বলের সাহায্যে জিঙ্ক তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে কোষটি হবে নিম্নরূপ ঃ

$$Zn(s)\ /\ Zn^{2+}(aq) \parallel H^+(aq)\ (a=1),\ H_2(g)\ (1atm) \mid Pt. \quad E^\circ_{\text{কোষ}} = 0.76\ Volt$$

ভোল্টমিটারের সাহায্যে কোষটির বিভব নির্ণয় করা যায়। প্রাপ্ত e.m.f. হচ্ছে $Zn \mid Zn^{2+}$ তড়িৎদ্বারের বিভবের মান 0.76 Volt (হাইড্রোজেন স্কেলে); কেননা, প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভব শূন্য। এক্ষেত্রে জিংক তড়িৎদ্বারের জারণ এবং হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিজারণ ঘটে। যেমন,

জিংক তড়িৎদ্বার ঃ $Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ $\quad E^\circ_{ox} = 0.76$ Volt

হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ঃ $2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)\ (1atm)$ $\quad E^\circ_{red} = 0.00$ Volt

$\therefore$ সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া ঃ $Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)\ (1atm)$ $E^\circ_{cell} = 0.76$ Volt



http://pdfcorner.com

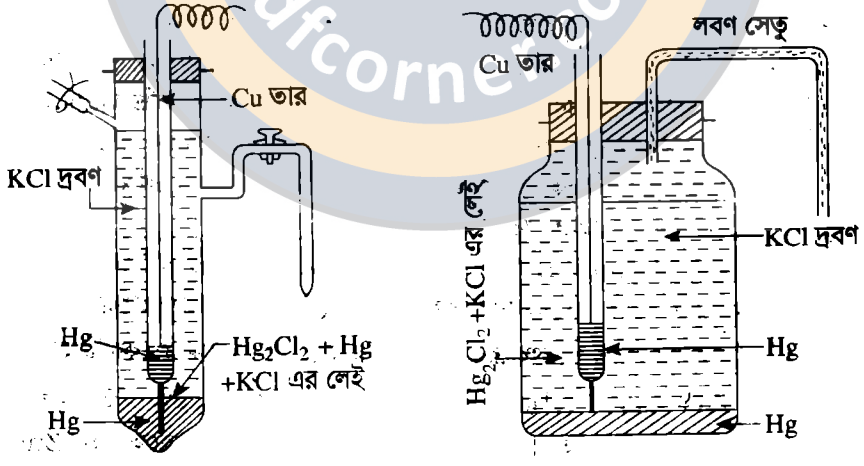
## ১২·৭। ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার
## Calomel Electrode

দৈনন্দিন কাজের জন্য হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার সুবিধাজনক নয়। কারণ এতে 1M HCl দ্রবণের তাপমাত্রা 25°C রাখতে হয়। এছাড়া ঐ দ্রবণে সর্বদা 1atm চাপে বিশুষ্ক $H_2$ গ্যাস চালনা করতে হয় এবং গ্যাসে বিদ্যমান সামান্য অপদ্রব্য দ্বারা এটি সহজে নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। ফলে কতিপয় সেকেন্ডারি নির্দেশক ইলেকট্রোড উদ্ভাবিত হয়েছে। তন্মধ্যে সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসেবে ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। ১২·৪ নং চিত্রে ক্যালোমেল ইলেকট্রোড দেখানো হল।

**ক্যালোমেল ইলেকট্রোডের গঠন ঃ** প্রমাণ ক্যালোমেল ইলেকট্রোড মূলত মারকারি, মারকিউরাস ক্লোরাইড ও KCl দ্রবণ দ্বারা গঠিত একটি সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার। ক্যালোমেল ইলেকট্রোডের সংকেত নিম্নরূপ ঃ

$$Hg \mid Hg_2Cl_2\ (s),\ KCl\ (aq)\ (1\ mol)$$

ক্যালোমেল ইলেকট্রোড তৈরি করার জন্য একটি কাচের পাত্রের নিম্নাংশে অতি বিশুষ্ক মারকারি নেয়া হয়। এই মারকারিকে মারকিউরাস ক্লোরাইড (ক্যালোমেল), সামান্য Hg এবং KCl দ্রবণ দ্বারা প্রস্তুত পেস্ট (paste) দ্বারা ঢেকে দেয়া হয়। পাত্রের বাকি অংশ KCl দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। তারপর একটি সরু কাচনলের অগ্রভাগে একটি প্লাটিনাম তার যুক্ত করে মূল কাচনলের মধ্যে স্থাপন করা হয় যেন তারের কিছু অংশ মারকারিতে নিমজ্জিত থাকে। সরু নলের নিম্নভাগে সামান্য মারকারি রেখে তার মধ্যে কপারের একটি তারের এক প্রান্ত ডুবিয়ে অন্য প্রান্ত বাইর দিকে প্রয়োজনীয় সংযোগের জন্য রাখা হয়। ক্যালোমেল ইলেকট্রোডের পার্শ্বনলের সাহায্যে সংযোগ দেয়া হয়। KCl দ্রবণসহ কাচ পাত্রের পার্শ্বনলটি লবণ সেতুরূপে কাজ করে।




চিত্র ১২.৪ ঃ ক্যালোমেল ইলেকট্রোড

তিনটি ভিন্ন ঘনমাত্রার KCl দ্রবণ ব্যবহৃত হয়, যথা 0.1M, 1M এবং সম্পৃক্ত KCl দ্রবণ। KCl দ্রবণের ঘনমাত্রার অর্থাৎ ক্লোরাইড আয়নের ঘনমাত্রার ভিন্নতার জন্য ইলেকট্রোডের জারণ বিভব ভিন্ন হয়। 298 K (25°C) তাপমাত্রায় প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের সাথে হাইড্রোজেন স্কেলে এদের বিভব হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

http://pdfcorner.com

**ইলেকট্রোডসমূহ ঃ** (1) $Hg \mid Hg_2Cl_2(s) \mid 0.1MKCl$; $E^\circ_{ox} = -0.334$ Volt

(2) $Hg \mid Hg_2Cl_2(s) \mid 1.MKCl$; $E^\circ_{ox} = -0.280$ Volt

(3) $Hg \mid Hg_2Cl_2(s) \mid$ সম্পৃক্ত KCl ; $E^\circ_{ox} = -0.242$ Volt।

জারণ বিভবগুলোর ঋণাত্মক মান নির্দেশ করে যে, ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারটিকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করলে ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারণ ঘটে না।

**ক্যালোমেল ইলেকট্রোড বিক্রিয়া ঃ** (ক) যদি ইলেকট্রোডটি অ্যানোড হিসেবে কাজ করে ঃ

$$2Hg(l) \rightleftharpoons Hg_2^{2+} + 2e^-$$

$$Hg_2^{2+} + 2Cl^- \text{ (KCl থেকে)} \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(s)$$

$$2Hg(l) + 2Cl^-(aq) \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(s) + 2e^-$$

(খ) যখন ইলেকট্রোডটি ক্যাথোড হিসেবে ক্রিয়া করে ঃ

$$Hg_2Cl_2(s) \rightleftharpoons Hg_2^{2+} + 2Cl^-(aq)$$

$$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l)$$

$$Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$$

## ১২·৮। H-তড়িৎদ্বার দ্বারা বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় ঃ

**Determn. of potential of diff. electrodes by H-electrode :**

কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন তড়িৎদ্বার বিভব এর সংস্পর্শে থাকা দ্রবণে সংশ্লিষ্ট আয়নের ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে। n যোজ্যতাবিশিষ্ট কোন ধাতু M যখন এর আয়নযুক্ত কোন দ্রবণের সংস্পর্শে থাকে তখন যে অর্ধকোষ সৃষ্টি হয়, তার ক্যাথোডরূপে ব্যবহার ক্যাথোডরূপে ব্যবহার নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে ঃ

$$M^{n+}(aq) + n\bar{e} \rightleftharpoons M(s)$$

প্রচলিত রীতি অনুযায়ী এ অর্ধকোষের বিভব মান, অর্থাৎ প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের আপেক্ষিকে তার বিভব নিম্নোক্ত কোষের e. m. f. এর সমান। $Pt, H_2$ (1atm) / $H^+(aq)$ (a = 1) $\mid M^{n+}(aq)$ / M(s)

একটি তড়িৎদ্বারের বিভব তাপমাত্রা, তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা এবং গ্যাস তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রে গ্যাসের চাপের উপর নির্ভর করে। তাই তড়িৎদ্বারের বিভব মন নির্ণয়ের সময় কোষ তৈরিতে ব্যবহৃত সকল তড়িৎ দ্বারের ক্ষেত্রে শর্তসমূহ একই হতে হবে। যেমন,

(i) পরীক্ষাধীন ইলেকট্রোড বা তড়িৎদ্বারের তড়িৎবিশ্লেষ্য 1M দ্রবণ হবে

(ii) তাপমাত্রা 25°C বা 298K এ স্থির রাখতে হবে,

(iii) H-ইলেকট্রোডের বেলায় $H_2$ গ্যাসের চাপ 1atm হবে।

**(১) Zn-তড়িৎদ্বার $Zn^{2+}/Zn$-এর বিভব মান নির্ণয় ঃ** Zn-ইলেকট্রোডকে অ্যানোড রূপে ও H-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড রূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ করা হয়। তখন Zn-ইলেকট্রোডটি ভোল্ট মিটারের ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে ও H-ইলেকট্রোডকে উচ্চরোধ বিশিষ্ট ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হলেই তখন এক্ষেত্রে ভোল্ট মিটার নির্দেশ করে Zn-ইলেকট্রোড থেকে ইলেকট্রন H-ইলেকট্রোডে প্রবাহিত হচ্ছে অর্থাৎ

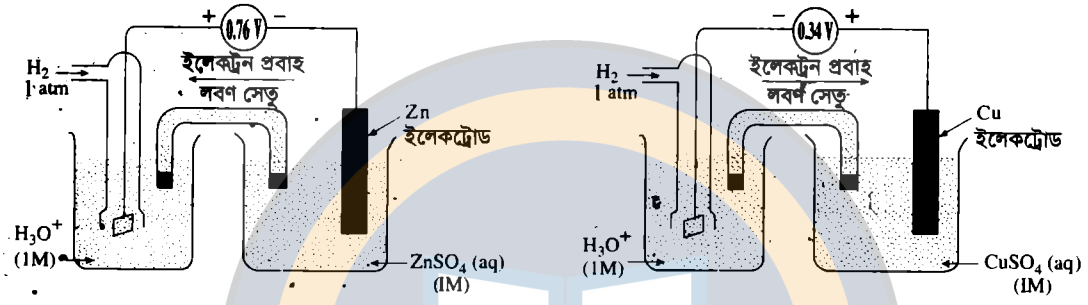
http://pdfcorner.com

Zn-ইলেকট্রোডে জারণ ক্রিয়া ঘটছে এবং ভোল্টমিটার নির্দেশ করছে। কোষটির emf 0.76V; অর্থাৎ Zn-ইলেকট্রোডের জারণ বিভব + 0.76V। প্রমাণ H-ইলেকট্রোডের জারণ বা বিজারণ মান শূন্য অর্থাৎ $E^{\theta}_{H^+/H_2} = 0.00V = E^{\theta}_{H_2/H^+}$

$\therefore E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{Zn/Zn^{2+}} - E^{\theta}_{H_2/H^+} = (E^{\theta}_{Zn/Zn^{2+}} - 0.0)V = 0.76V$

∴ কোষ বিক্রিয়াটি হল ঃ $Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$, $E^{\theta}_{cell} = 0.76V$

∴ Zn-ইলেকট্রোডের জারণ বিভব = + 0.76V এবং বিজারণ বিভব = – 0.76V




চিত্র ১২.৫ ঃ H-ইলেকট্রোডের সাহায্যে Zn-ইলেকট্রোড ও Cu-ইলেকট্রোডের বিভব মান নির্ণয়।

**(২) Cu-তড়িৎদ্বার $Cu^{2+}/Cu$ এর বিভব মান নির্ণয় ঃ** Cu-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড রূপে ও H-ইলেকট্রোডকে অ্যানোডরূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ করা হয়। তখন Cu-ইলেকট্রোডটিকে উচ্চরোধ বিশিষ্ট ভোল্ট মিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে ও H-ইলেকট্রোডকে ভোল্টমিটারের ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হলে তবেই ভোল্ট মিটারটি পাঠ দেয় এবং নির্দেশ করে H-ইলেকট্রোডে জারণ ঘটছে এবং ভোল্ট মিটার নির্দেশ করছে কোষটির e.m.f 0.34V। যেহেতু H-ইলেকট্রোডে জারণ ঘটেছে; কোষের e.m.f এর সম্পর্ক মতে

$\therefore E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{H_2/H^+} - E^{\theta}_{Cu/Cu^{2+}} = (0.0 - E^{\theta}_{Cu/Cu^{2+}}) = 0.34V$

∴ Cu-ইলেকট্রোডের জারণ বিভব, $E^{\theta}_{Cu/Cu^{2+}} = 0.34V$ এবং বিজারণ বিভব $E^{\theta}_{Cu^{2+}/Cu} = -0.34V$

∴ কোষ বিক্রিয়াটি হল ঃ $2H(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$ $E^{\theta}cell = 0.34V$

## ১২.৮.১। তড়িৎদ্বার রাসায়নিক সিরিজ
### Electro Chemical Series

প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের সংজ্ঞা মতে, একক সক্রিয়তা বিশিষ্ট কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যে নিমজ্জিত ও তার একই আয়নের সাথে উভমুখী কোন তড়িৎদ্বার প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে যে কোষ উৎপন্ন হয় তার e.m.f–কে তড়িৎদ্বারটির প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলে। একে $E^{\circ}_{298K}(V)$ দ্বারা সূচিত করা হয়। তড়িৎদ্বার প্রক্রিয়াটি হলো ঃ $M^{n+}(aq)\ (a = 1) + n\,e^- \rightleftharpoons M\ (s)$

এ সমীকরণটি যেহেতু বিজারণ প্রক্রিয়া নির্দেশ করছে তাই সংজ্ঞানুযায়ী প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবকে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিজারণ বিভব বলা হয়। বিভিন্ন মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব মানের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে সাজানো শ্রেণীকে তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ (Electrochemical series) বলা হয়। এর দ্বারা মৌলের বিক্রিয়া ক্ষমতার তুলনা করা যায়। এ অনুসারে সারণি ১২.১–এ তড়িৎদ্বার বিক্রিয়াসহ কতিপয় তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভব $E^{\circ}$ (V) শ্রেণী আকারে দেয়া হল।

http://pdfcorner.com

সারণি ১২.১ ঃ 25°C তাপমাত্রায় প্রমাণ বিজারণ বিভব সিরিজ (ক্রম–বৃদ্ধি অনুসারে)

| তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড | তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া | $E^\circ$ (V) (at 298 K) |
|---|---|---|
| $Li^+/Li$ | $Li^+$ (aq) + $e^-$ ⇌ Li (s) | – 3.04 |
| $K^+/K$ | $K^+$ (aq) + $e^-$ ⇌ K (s) | – 2.92 |
| $Ca^{2+}/Ca$ | $Ca^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Ca (s) | – 2.87 |
| $Na^+/Na$ | $Na^+$ (aq) + $e^-$ ⇌ Na (s) | – 2.71 |
| $Mg^{2+}/Mg$ | $Mg^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Mg (s) | – 2.36 |
| $Al^{3+}/Al$ | $Al^{3+}$ (aq) + $3e^-$ ⇌ Al (s) | – 1.66 |
| $Zn^{2+}/Zn$ | $Zn^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Zn (s) | – 0.76 |
| $Fe^{2+}/Fe$ | $Fe^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Fe (s) | – 0.44 |
| $Cd^{2+}/Cd$ | $Cd^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Cd (s) | – 0.40 |
| $Co^{2+}/Co$ | $Co^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Co (s) | – 0.28 |
| $Ni^{2+}/Ni$ | $Ni^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Ni (s) | – 0.25 |
| $Sn^{2+}/Sn$ | $Sn^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Sn (s) | – 0.14 |
| $Pb^{2+}/Pb$ | $Pb^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ Pb (s) | – 0.13 |
| $H^+/H_2$, Pt | $2H^+$ (aq) + $2e^-$ ⇌ $H_2$ (g) | 0.00 |
| ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার | $Hg_2Cl_2$ (s) + $2e^-$ ⇌ 2Hg (ℓ) + $2Cl^-$ (aq) | + 0.24 |
| $Cu^{2+}/Cu$ | $Cu^{2+}$(aq) + $2e^-$ ⇌ Cu (s) | + 0.34 |
| $I^-/I_2$, Pt | $I_2$ (s) + $2e^-$ ⇌ $2I^-$ (aq) | + 0.54 |
| $Hg_2^{2+}/Hg$ | $Hg_2^{2+}$ (aq) + $2e^-$ ⇌ 2Hg (ℓ) | + 0.79 |
| Ag+/Ag | $Ag^+$ (aq) + $e^-$ ⇌ Ag (s) | + 0.80 |
| $Br^-/Br_2$, Pt | $Br_2$ (ℓ) + $2e^-$ ⇌ $2Br^-$ (aq) | + 1.07 |
| $Cl^-/Cl_2$, Pt | $Cl_2$ (g) + $2e^-$ ⇌ $2Cl^-$ (aq) | + 1.36 |
| $Au^{3+}/Au$ | $Au^{3+}$ (aq) + $3e^-$ ⇌ Au (s) | + 1.36 |

## ১২.৮.২। তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল সম্পর্কীয় নার্নস্ট সমীকরণ
**Nernst Equation Relating to EMF of a Electrochemical Cell**

ডেনিয়েল কোষ ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ। যেমন,

$$Zn\ (s)\ /\ Zn^{2+}\ (aq)\ \|\ Cu^{2+}\ (aq)\ /\ Cu\ (s)$$

কোষ বিক্রিয়া ঃ $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \xrightarrow{2e^-} Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

কোন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ভর করে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়নের মোলার ঘনমাত্রা, কেলভিন তাপমাত্রা ও প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণের উপর। তাই নার্নস্ট সমীকরণ মতে, ডেনিয়েল কোষের ডানদিকের অর্ধকোষ বিজারণ বিভব নিম্নরূপে লেখা হয় ঃ

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{RT}{2F} \ln [Cu^{2+}(aq)]$$

অপরদিকে বামদিকের অর্ধকোষ বিজারণ বিভব নিম্নরূপে লেখা হয় ঃ

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{RT}{2F} \ln [Zn^{2+}(aq)]$$

http://pdfcorner.com

কোষ বিভব, $E_{\text{কোষ}} = E_{\text{cathode(red)}} - E_{\text{anode(red)}}$

$$\therefore E_{\text{কোষ}} = \left\{E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{RT}{2F}\ln[Cu^{2+}(aq)]\right\} - \left\{E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{RT}{2F}\ln[Zn^{2+}(aq)]\right\}$$

$$= \left\{E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{Zn^{2+}/Zn}\right\} + \frac{RT}{2F}\ln\frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}$$

$$\therefore E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} + \frac{2.303RT}{2F}\log\frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}; \quad \because E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান}} - E^\circ_{\text{বাম}}$$

এখানে $E^\circ_{\text{কোষ}}$ বলতে প্রমাণ অবস্থায় কোষ বিভব বোঝায়। এখন $R = 8.316\ JK^{-1}mol^{-1}$, $T = 298\ K$, এবং $F = 96500C$ এবং সাধারণ লগারিদম প্রয়োগ করে পাই;

$$\boxed{E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} + \frac{0.0592}{2}\log\frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}}$$

**উদাহরণ ১।** একযোজী ও দ্বিযোজী আয়নবিশিষ্ট তড়িৎকোষের বেলায় কোষ ডায়াগ্রাম, কোষ বিক্রিয়া ও নার্নস্ট সমীকরণ মতে e.m.f. প্রকাশ কর।

কোষ ডায়াগ্রাম ঃ $Ni(s) / Ni^{2+}(aq) \mid Ag^+(aq) / Ag(s)$

কোষ বিক্রিয়া ঃ $Ni(s) + 2Ag^+(aq) \xrightarrow{2e^-} Ni^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

উপরিউক্ত তড়িৎকোষের e.m.f নিম্নরূপে লেখা হয়। যেমন,

$$E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} + \frac{0.0592}{2}\log\frac{[Ag^+(aq)]^2}{[Ni^{2+}(aq)]}$$

**উদাহরণ ২।** তড়িৎ রাসায়নিক কোষের উভমুখী সাধারণ সমীকরণ ও নার্নস্ট সমীকরণ মতে কোষের বিভব (e.m.f) সমীকরণ লেখ।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের উভমুখী সাধারণ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$xA(s) + yB^+(aq) \rightleftharpoons^{ne^-} xA^+(aq) + yB(s)$$

উপরিউক্ত বিক্রিয়ার রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে নার্নস্ট সমীকরণ প্রয়োগ করলে ঐ কোষের বিভব (e.m.f) সমীকরণ নিম্নরূপ হয় ঃ

$$E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} - \frac{2.303RT}{nF}\log\frac{[A^+]^x}{[B^+]^y}$$ [প্রমাণ অবস্থায় কঠিন পদার্থের সক্রিয়তা = 1; তাই শুধু উৎপাদ ও বিক্রিয়কের আয়নের ঘনমাত্রা বিবেচ্য।]

এক্ষেত্রে, $E_{\text{কোষ}}$ = কোষ বিভব; $E^\circ_{\text{কোষ}}$ = কোষের প্রমাণ বিভব;

$R = 8.316\ JK^{-1}mol^{-1}$, $T$ = কেলভিন তাপমাত্রা;

$n$ = বিক্রিয়ায় স্থানান্তরিত ইলেকট্রনের মোলসংখ্যা; $F = 96500C$, [ ] = মোলার ঘনমাত্রা।

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ১। ডেনিয়েল কোষটির তড়িচ্চালক বল (EMF) কত হবে তা হিসাব কর। এক্ষেত্রে $Zn^{2+}$ এর ঘনমাত্রা $0.10\ molL^{-1}$ এবং $Cu^{2+}$ এর ঘনমাত্রা $0.05\ molL^{-1}$। 298 K (25°C) তাপমাত্রায় $E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76V$ এবং $E^\circ_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34V$।**

**সমাধান ঃ** ডেনিয়েল কোষ ডায়াগ্রাম হল ঃ $Zn/Zn^{2+}(aq) \mid Cu^{2+}(aq) / Cu$

এবং কোষ বিক্রিয়াটি হল ঃ $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

http://pdfcorner.com

নার্নস্ট সমীকরণ মতে তড়িৎকোষের বিভব (EMF) সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} + \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{\text{বিক্রিয়ক আয়নের ঘনমাত্রা } [Cu^{2+}]}{\text{উৎপাদ আয়নের ঘনমাত্রা } [Zn^{2+}]}$$

$$= E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[Cu^{2+}]}{[Zn^{2+}]}$$

প্রশ্নমতে, $[Cu^{2+}] = 0.05\ molL^{-1}$
$[Zn^{2+}] = 0.10\ molL^{-1}$
$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34$ (প্রশ্নে জারণ বিভব দেয়া আছে);
$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ (প্রশ্নে জারণ বিভব দেয়া আছে);
গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.316\ JK^{-1}mol^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = (25 + 273) = 298\ K$
ইলেকট্রনের মোলসংখ্যা, $n = 2$
বিদ্যুৎ চার্জ, $F = 96500C$
কোষের তড়িচ্চালক বল, $E_{cell} = ?$

∴ মান বসিয়ে পাই;

$$E_{cell} = 0.34 - (-0.76) + \frac{2.303 \times 8.316 \times 298}{2 \times 96500} \log \frac{0.05}{0.10}$$

$= 1.10 + 0.02955 \times \log 0.5.$
$= 1.10 + 0.02955 \times (-0.301)$
$= 1.10 - 0.008895 = 1.0911$

**উত্তর ঃ** এ কোষটির তড়িচ্চালক বল (EMF) = 1.0911V।

**উদাহরণ ২। নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ার তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) হিসাব কর।**

$$Mg\ (s) + 2Ag^+\ (aq) \longrightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2Ag\ (s)$$

**এক্ষেত্রে $[Mg^{2+}] = 0.13M$ এবং $[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-4}M$**

**298K (25°C) তাপমাত্রায় $E^\circ_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ এবং $E^\circ_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37V$**

**সমাধান ঃ** কোষ ডায়াগ্রাম ঃ $Mg(s) / Mg^{2+}\ (0.13M) \parallel Ag^+\ (1.0 \times 10^{-4}M)\ /Ag\ (s)$

তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া ঃ $Mg(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$ (জারণ)

$2[Ag^+\ (aq) + e^-] \longrightarrow 2Ag\ (s)$ (বিজারণ)

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া ঃ $Mg(s) + 2Ag^+\ (aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2Ag\ (s)$

কোষ বিক্রিয়ায় 2 mol ইলেকট্রন আদান প্রদান হয়েছে; তাই $n = 2$ mol;
তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) এর সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$E = E^\circ + \frac{0.0592}{2} \log \frac{[Ag^+]^2}{[Mg^{2+}]}$$

$$= E^\circ_{Ag^+/Ag} - E^\circ_{Mg^{2+}/Mg} + \frac{0.0592}{2} \log \frac{(1.0 \times 10^{-4})^2}{0.13}$$

$$= 0.80 - (-2.37) - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1.30 \times 10^{-1}}{1.0 \times 10^{-8}}; \qquad \left[\because \log \frac{A}{B} = -\log \frac{B}{A}\right]$$

$= 3.17 - 0.0296 \times \log (1.30 \times 10^7)$
$= 3.17 - 0.0296 \times 7.114$
$= 3.17 - 0.21 = 2.96V$ **(উত্তর)**

## ১২·৯। তড়িৎকোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা
## Spontaneity of the Electrochemical Cell Reaction

আমরা জানি, তড়িৎকোষের বাম দিকের তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোডে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়াকে **জারণ বিক্রিয়া** হিসেবে এবং ডান দিকের তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোডে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়াকে **বিজারণ বিক্রিয়া** হিসেবে লেখা হয়। যদি এভাবে লিখিত কোন **সামগ্রিক কোষের বিভব (emf) ধনাত্মক হয়, তবে বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্ত হবে।** যদি সামগ্রিক কোষের বিভব (emf) ঋণাত্মক হয়, তবে তা হতে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটবে না। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে না। ডেনিয়েল কোষের ক্ষেত্রে স্বতঃস্ফূর্ততা বিবেচনা করা যায়। এ কোষটি জিংক ইলেকট্রোড [$E^\theta_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$] ও কপার ইলেকট্রোড [$E^\theta_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34V$] সমন্বয়ে গঠিত।

http://pdfcorner.com

ধরা যাক, কোষ ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ ঃ

$$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) \mid Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$$

কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষ বিক্রিয়াটি হয় নিম্নরূপ ঃ

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

$\therefore \quad E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান ইলেকট্রোড}} - E^\circ_{\text{বাম ইলেকট্রোড}}$

$= E^\circ_{(Cu^{2+}/Cu)\,(\text{বিজারণ})} - E^\circ_{(Zn^{2+}/Zn)\,(\text{বিজারণ})}$

$= 0.34 - (-0.76)$ [ সারণি ১২.১ থেকে ]

$= 0.34 + 0.76$

$= +1.10$ Volt

যেহেতু জিংক ইলেকট্রোডকে অ্যানোড ও কপার ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড করে গঠিত কোষ বিক্রিয়ার $E^\circ$ কোষের মান ধনাত্মক, তাই উপরোক্ত কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে।

আবার কপার ইলেকট্রোডকে অ্যানোডরূপে এবং জিংক ইলেকট্রোডকে ক্যাথোডরূপে নিম্নরূপ কোষ ডায়াগ্রাম বিবেচনা করা যাক ঃ

$$Cu(s)/Cu^{2+}(aq) \mid Zn^{2+}(aq) / Zn(s)$$

কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষ বিক্রিয়াটি হয় নিম্নরূপ ঃ

$$Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$$

$\therefore E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান ইলেকট্রোড}} - E^\circ_{\text{বাম ইলেকট্রোড}}$

$= E^\circ_{(Zn^{2+}/Zn)\,(\text{বিজারণ})} - E^\circ_{(Cu^{2+}/Cu)\,(\text{বিজারণ})}$

$= -0.76 - (+0.34)$ [ ১২.১ সারণি থেকে ]

$= -0.76 - 0.34$

$= -1.10$ Volt

যেহেতু বিক্রিয়াটির $E^\circ$ কোষ–এর মান ঋণাত্মক, তাই ২য় বিক্রিয়া অর্থাৎ নিম্নরূপ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে না। $Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$

সুতরাং $Zn^{2+}$ আয়ন দ্বারা Cu পরমাণুকে $Cu^{2+}$ আয়নে জারিত করা যাবে না।

**তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ ও রেডক্স বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততার ব্যাখ্যা ঃ** কোন রেডক্স বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে কি হবে না, তা তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ বা প্রমাণ বিজারণ বিভব সিরিজ (সারণি ১২.১) থেকে জানা যায়। যেমন নিম্নোক্ত রেডক্স বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কি ঘটবে না তা আলোচনা করা যায় ঃ

$$Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$$

এ বিক্রিয়াটি তখনই ঘটবে যদি Cu পরমাণু থেকে দুটি ইলেকট্রন $Zn^{2+}$ আয়নে স্থানান্তরিত হয়। আর এটা সম্ভব হবে যদি Cu এর জারণ বিভব Zn এর জারণ বিভব অপেক্ষা বেশি হয়। অপর কথায়, Cu এর বিজারণ বিভব Zn এর বিজারণ বিভব অপেক্ষা কম হয়। এখন তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ বা প্রমাণ বিজারণ বিভব সিরিজ থেকে জানা যায় Cu এর বিজারণ বিভব (+ 0.34V) Zn এর বিজারণ বিভব (–0.76V) থেকে বেশি। তাই উপরিউক্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে না।

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ৩। $Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ এবং $Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ বিক্রিয়া দুটির প্রমাণ বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব যথাক্রমে – 0.76 V এবং + 0.337 V ; $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ বিক্রিয়াটি সম্ভব কিনা ?** [ ঢা. বো. ২০০৫; চ. বো. ২০০১; রা. বো. ২০০২ ]

**সমাধান ঃ** $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ বিক্রিয়াটি যে কোষে সংঘটিত হয় সে কোষটির কোষ ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ ঃ

$Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \mid Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$ প্রশ্নমতে,

$\therefore$ কোষটির e.m.f, $E^\circ_{cell} = E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{Zn^{2+}/Zn}$ $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V

$= +0.337V - (-0.76)V$ $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.337$ V

$= +1.097V$, যা ধনাত্মক। সুতরাং বিক্রিয়াটি সম্ভব।

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৪। নিম্নের কোষটির জন্য অ্যানোডে বিক্রিয়া, ক্যাথোডে বিক্রিয়া ও সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া লেখ। $Pt, Cl_2(g) / Cl^-(aq) \| \| Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq), Pt$**

**যদি $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.770V$; $E^0_{Cl_2/Cl^-} = +1.358V$ হয়, তবে তুমি যেভাবে কোষটি লিখেছ, তা স্বতঃস্ফূর্ত হবে কিনা যুক্তি দাও এবং না হলে তা কীভাবে স্বতঃস্ফূর্ত হবে বোঝাও।**

**সমাধান ঃ** প্রদত্ত কোষটির মাঝখানের খাড়া রেখার বাম দিকের ইলেকট্রোডটি অ্যানোড এবং ডানদিকের ইলেকট্রোডটি ক্যাথোড। $Pt, Cl_2(g) / Cl^-(aq) \| \| Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq), Pt$

**অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া ঃ** $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

**ক্যাথোডে বিজারণ বিক্রিয়া ঃ** $2Fe^{3+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq)$

**সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া ঃ** $2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(g)$

কোষের e.m.f, $E^0_{cell}$ $= E^0_{\text{ডান}} - E^0_{\text{বাম}}$

$= E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} - E^0_{Cl_2/Cl^-}$

$= +0.770V - (+1.358V)$

$= -0.588\ V$

যেহেতু কোষের e. m. f., $E^0_{cell}$ এর মান ঋণাত্মক হয়েছে; তাই কোষটি বা কোষ বিক্রিয়াটি যেভাবে লেখা হয়েছে তা স্বতঃস্ফূর্ত হবে না। এর বিপরীতমুখী বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্ত হবে। যেমন–

$$2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$$

**উদাহরণ ৫। $Zn(s) / Zn^{2+}(1M) \| Cu^{2+}(1M) / Cu(s)$ কোষটির e.m.f. হল 1.103 V। আবার $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$, $E^0 = -0.763\ V$। এ কোষের অ্যানোডে বিক্রিয়া, ক্যাথোডে বিক্রিয়া ও সর্বমোট কোষ বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ এবং কপার ইলেকট্রোডের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব মান হিসাব কর।**

**সমাধান ঃ** সংশ্লিষ্ট কোষটি হল নিম্নরূপ ঃ

$$Zn(s) / Zn^{2+}(1M) \| Cu^{2+}(1M) / Cu(s),\ E = 1.103\ V$$

এক্ষেত্রে জিংক ইলেকট্রোড হল অ্যানোড এবং কপার ইলেকট্রোড হল ক্যাথোড। অ্যানোডে জারণ ও ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে। সুতরাং–

**অ্যানোডে বিক্রিয়া ঃ** $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ .... (জারণ)

**ক্যাথোডে বিক্রিয়া ঃ** $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ .... (বিজারণ)

**সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া ঃ** $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

এক্ষেত্রে, $E_{cell} = E^\circ_{Cu} - E^\circ_{Zn}$

বা, $1.103\ V = E^\circ_{Cu} - (-0.763\ V) = E^\circ_{Cu} + 0.763\ V$

বা, $E^\circ_{Cu} = (1.103\ V - 0.763\ V) = +0.340\ V$

## ১২·১০। উভমুখী বা পরাবর্ত কোষ ও একমুখী বা অপরাবর্ত কোষ
## Reversible and Irreversible Cell

**(ক) উভমুখী বা পরাবর্ত কোষ ঃ** যে তড়িৎকোষ হতে অল্প পরিমাণ বিদ্যুৎ উৎপন্ন হতে থাকে এবং ঐ কোষে সংঘটিত বিক্রিয়া সর্বদা সাম্যাবস্থায় থাকে এবং বাহ্যিক তড়িচ্চালক বল প্রয়োগে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন করা যায় এবং এর ফলে কোষটির বিক্রিয়াও বিপরীত দিকে ঘটতে থাকে, তাকে উভমুখী বা পরাবর্ত কোষ বলে। অর্থাৎ **একটি উভমুখী কোষ নিম্নোক্ত শর্তাদি** অবশ্যই পালন করে ঃ.

(১) যদি কোষটির নিজস্ব তড়িচ্চালক বল এর সমান তড়িচ্চালক বলবিশিষ্ট একটি বাহ্যিক উৎসের সাথে বিপরীত দিকে সংযুক্ত করা হয়, তবে কোষটির ভেতর কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া বা অন্য কোন পরিবর্তন ঘটবে না; কোন দিকে কোন বিদ্যুৎও প্রবাহিত হবে না।



http://pdfcorner.com

(২) **বাহ্যিক উৎসের** তড়িচ্চালক বলের মান অতি সামান্য **কমানো হলে কোষ থেকে বাহ্যিক উৎসের দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে।**

(৩) **বাহ্যিক উৎসের** তড়িচ্চালক বলের মান অতি সামান্য **বাড়ালে উৎস থেকে কোষের দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে।**

(৪) শর্ত (২) এর ক্ষেত্রে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটবে, শর্ত (৩) এর ক্ষেত্রে তার বিপরীত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটবে।

(৫) উভমুখী কোষের কোষ বিক্রিয়ায় কোন গ্যাসের উদ্ভব ঘটে না।

(৬) বাহ্যিক বর্তনী খোলা থাকলে উভমুখী কোষে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

উদাহরণস্বরূপ ডেনিয়েল কোষ $Zn(s)\,/Zn(aq)\,\|\,Cu^{2+}(aq)\,/Cu(s)$ একটি উভমুখী কোষ যার তড়িচ্চালক বল 1.1 V। এ কোষটির সাথে 1.10 V বিশিষ্ট কোন একটি বাহ্যিক উৎসকে যদি এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যেন দুটির বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক বিপরীতমুখী হয় তবে দেখা যায় যে ডেনিয়েল কোষের ভেতর দিয়ে কোন বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না (শর্ত–১)।

যদি বাহ্যিক উৎসের তড়িচ্চালক বল 1.1 V থেকে সামান্য কম হয়, তবে ডেনিয়েল কোষ থেকে বাহ্যিক উৎসের দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় (শর্ত – ২)। এ সময় ডেনিয়েল কোষে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ঃ

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots (ক)$$

যদি বাহ্যিক উৎসের তড়িচ্চালক বল 1.1 V থেকে সামান্য বেশি হয়, তবে বাহ্যিক উৎস থেকে ডেনিয়েল কোষের দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় (শর্ত–৩)। এ সময় ডেনিয়েল কোষে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ঃ

$$Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots (খ)$$

দেখা যাচ্ছে যে, বিক্রিয়া (ক) ও (খ) পরস্পরের সম্পূর্ণ বিপরীত (শর্ত – ৪)। উভয় বিক্রিয়ায় কোন গ্যাস উৎপন্ন হয়নি এবং বর্তনী খোলা থাকলে এ কোষে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

**(খ) একাভিমুখী বা অপরাবর্ত কোষ ঃ যে সকল কোষ উভমুখিতার এক বা একাধিক শর্ত পালন করে না, তাদেরকে একাভিমুখী বা অপরাবর্ত কোষ বলে।** একাভিমুখী কোষরূপে উদাহরণস্বরূপ নিম্নের কোষটি বিবেচনা করা যায়।

$$Zn(s)\,|\,H_2SO_4\,(aq)\,|\,Cu(s)$$

এ কোষের বিক্রিয়া হচ্ছে ঃ

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g) \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots (গ)$$

কিন্তু এ কোষকে তার নিজস্ব তড়িচ্চালক বলের চেয়ে বেশি বলবিশিষ্ট কোন উৎসের সাথে যোগ করলে কোষে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া ঘটে ঃ

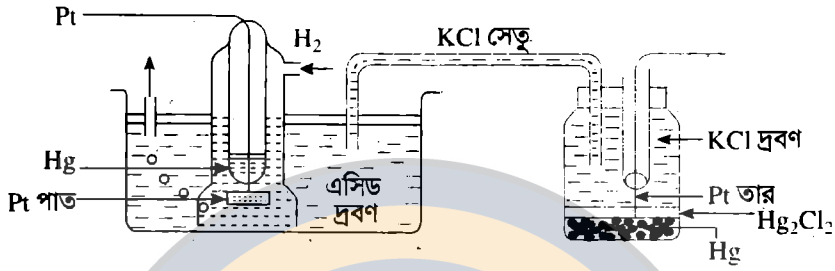
$$Cu(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + H_2(g) \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots (ঘ)$$

দেখা যাচ্ছে যে, (গ) ও (ঘ) বিক্রিয়াদ্বয় পরস্পরের বিপরীত নয়। এ কোষে বিদ্যুৎ উৎপন্নের বিক্রিয়াটি হল– $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$ এটি একটি স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া এবং বাহ্যিক বর্তনী খোলা রাখলেও এটি ঘটতে থাকে। এটি উভমুখী কোষের শর্ত নয়। আবার এ বিক্রিয়ায় $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন হচ্ছে যা উভমুখী বিক্রিয়ার শর্ত নয়, এটি একমুখী বিক্রিয়ার শর্ত। অতএব উপরোক্ত কোষটি উভমুখী বা পরাবর্ত নয়, একাভিমুখী বা অপরাবর্ত।

http://pdfcorner.com

## ১২·১১। দ্রবণের pH নির্ণয়
### Measurement of pH of a Solution

যে দ্রবণের pH নির্ধারণ করতে হবে, তাকে একটি বীকারে নিয়ে তাতে প্লাটিনামের গুঁড়ার আস্তরণযুক্ত একটি প্লাটিনাম পাতের তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করা হয়। এবার তড়িৎদ্বারের গা বেয়ে 1atm চাপে বিশুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস দ্রবণের মধ্যে পরিচালনা করা হয়। প্লাটিনাম হাইড্রোজেন গ্যাস অধিশোষণ করে $H_2$ গ্যাস ও দ্রবণস্থিত $H^+$ আয়নের পারস্পরিক সাম্যাবস্থাকে ত্বরান্বিত করে। এর ফলে তড়িৎদ্বারটি হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার হিসেবে আচরণ করে।




চিত্র ১২.৬ ঃ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার দ্বারা pH নির্ণয়।

এবার হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে একটি নির্দেশক ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের সাথে KCl সম্পৃক্ত দ্রবণের মাধ্যমে যুক্ত করে একটি পূর্ণ কোষ গঠন করা হয়। তখন তড়িৎ রাসায়নিক কোষের গঠন নিম্নরূপ হয় ঃ

হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার । লবণ সেতু । ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার

$Pt \mid H_2(g)\ (1atm)\ (H^+)\ (aq) \parallel (saturated)\ KCl \mid$ ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার

ইলেকট্রোডদ্বয়কে KCl লবণের সেতু দ্বারা যুক্ত করার ফলে কোন তরল সন্ধি বিভব সৃষ্টি হয় না। এ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভব নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$$E_H = E^\circ_H - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[H^+]}{p_{H_2}}$$ ; এখানে $H_2$ গ্যাসের চাপ = 1atm ; $\therefore p_{H_2} = 1,\ E^\circ_H = 0$; এখানে $n = 1$,

$R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$

$T = (273 + 25) = 298\ K$

$F = 96500\ As$

$$\therefore E_H = -\frac{RT}{F} \ln [H^+] = \frac{-8.314 \times 298 \times 2.303}{96{,}500} \log[H]$$

$$= -0.0592 \log [H^+] \quad [25^\circ C]$$

$$= +0.0592\ pH$$

নির্দেশক ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবকে যদি $E_{Cal}$ ধরা হয়, তবে পরিপূর্ণ কোষটির emf;

$$E_{cell} = E_H - E_{cal}.$$

$$\therefore \quad E_{cell} = 0.0592\ pH - E_{cal} \ ; \quad \because E_H = 0.0592\ pH$$

$$\therefore \quad pH = \frac{E_{cell} + E_{cal}}{0.0592} \qquad \ldots \qquad (১২.৩)$$

যেহেতু $E_{cal}$ জ্ঞাত, যেমন 1.0 M KCl যুক্ত ক্যালোমেল ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হলে $E_{cal} = 0.240$ Volt। তাই পটেনসিওমিটারের অথবা ভোল্টমিটারের সাহায্যে এ কোষের e.m.f পরিমাপ করেই পরীক্ষণীয় দ্রবণের pH তথা অম্লত্ব নির্ণয় করা যাবে। তবে এ পদ্ধতি কঠিন বলে এর ব্যবহার খুবই সীমিত।

## ১২·১২। pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয়
### Measurement of pH of a Solution by pH Meter

### বাফার দ্রবণের $p^H$ নির্ণয় ঃ

**$p^H$ মিটারের গঠন ঃ** কোন দ্রবণের অম্লত্ব বা pH মাপার সহজতম পদ্ধতি হচ্ছে pH মিটারের ব্যবহার। pH মিটার হচ্ছে একটি যন্ত্র, যার ভেতরে একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি হয়। এর একটি ইলেকট্রোড যেমন গ্লাস ইলেকট্রোড হাইড্রোজেন আয়নের প্রেক্ষিতে উভমুখী, এ গ্লাস ইলেকট্রোডকে কোন দ্রবণে নিমজ্জিত করলে যে

http://pdfcorner.com

বিভবের সৃষ্টি হয়, তা দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রার বা $p^H$-এর উপর নির্ভরশীল। এ যন্ত্রে এ বিভব মাপার জন্য সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার যুক্ত থাকে এবং এতে এমন ব্যবস্থা থাকে যেন রেকর্ডারে এ বিভব বা পটেনসিয়াল মান না দেখিয়ে সরাসরি pH-এর মান দেখানো হয়।

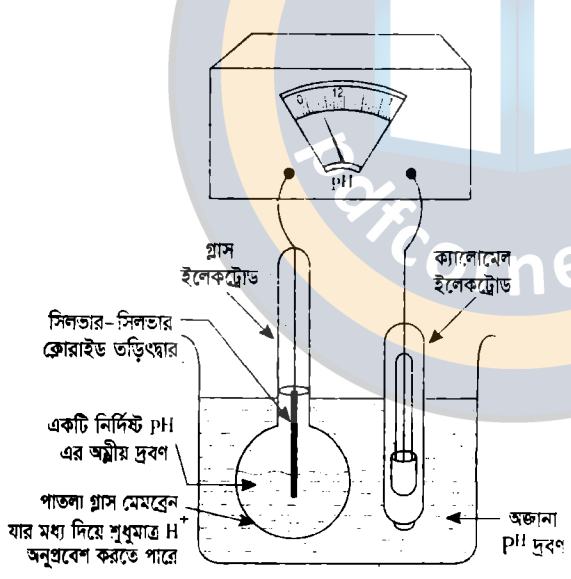
**গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার ঃ** একটি গ্লাস ইলেকট্রোড ও একটি প্রমাণ ক্যালোমেল ইলেকট্রোড ( নির্দেশক ইলেকট্রোড ) সমন্বয়ে কোষ গঠন করে এতে সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার সংযোগ করা থাকে এবং রেকর্ডারে ভোল্ট এককে বিভব না দেখিয়ে সরাসরি pH দেখানো হলে, তাকে গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার বলে। সাধারণত একটি জ্ঞাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডারকে ক্রমাঙ্কিত বা প্রমিতকরণ করা হয় এবং পরে অজ্ঞাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে এ ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডার হতে দ্রবণে pH মান পাঠ করা হয়। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে গ্লাস ইলেকট্রোড যুক্ত pH মিটার ব্যবহার অধিকতর সুবিধাজনক। এ গ্লাস ইলেকট্রোডের গ্লাস বালবটি বিশেষ উপাদানের যেমন 72% $SiO_2$, 22% $Na_2O$ এবং 6% CaO এর তৈরি কাচ দ্বারা গঠিত।

এরূপ pH মিটার যন্ত্রে ব্যবহৃত গ্লাস ইলেকট্রোড তৈরিতে গ্লাস মেমব্রেন ( বা গ্লাসের পাতলা সছিদ্র পর্দা ) যুক্ত একটি পাত্রে নির্দিষ্ট pH এর অম্লীয় দ্রবণ (1M HCl) নিয়ে এর মধ্যে সিলভার–সিলভার ক্লোরাইড (Ag /AgCl(s) তড়িৎদ্বার স্থাপন করা হয়। গ্লাস মেমব্রেন দিয়ে শুধুমাত্র $H^+$ আয়ন অনুপ্রবেশ করতে পারে।

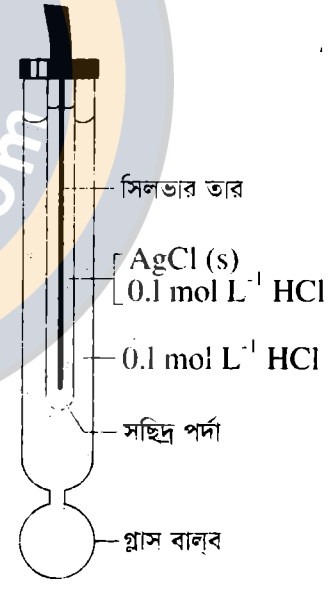
pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত কোষটিকে নিম্নরূপে লেখা হয়।

Ag(s), AgCl(s) / HCl (1M) (glass) পরীক্ষণীয় অজানা pH দ্রবণ ‖ KCl(1M) /$Hg_2Cl_2$ (s), Hg*(l)*

**ব্যবহার ঃ** অজানা pH দ্রবণের pH নির্ণয়ের সময় এ pH মিটারটি সরাসরি ঐ দ্রবণে স্থাপন করা হয় এবং রেকর্ডার থেকে সরাসরি দ্রবণের pH জানা যায়।




(ক)




(খ)

চিত্র ১২.৭ ক ঃ গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে $p^H$ মিটার। চিত্র ১২.৭ খ ঃ গ্লাস ইলেকট্রোড।

**pH নির্ণয় ঃ** যে বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় করা হবে তার মধ্যে ভোল্টমিটার যুক্ত ইলেকট্রোড দুটি স্থাপন করা হয়। পরীক্ষাধীন দ্রবণের ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যে pH পার্থক্য ঘটলে বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। নির্দেশক ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যকার বিভব পরীক্ষাধীন দ্রবণের pH এর সাথে পরিবর্তিত হতে থাকে। এ বিভবের মান pH মিটারের অন্তর্গত ভোল্টমিটার হতে সরাসরি pH মানরূপে পাওয়া যায়। তারপর গৃহীত pH মানটি pH এর সমীকরণে ব্যবহার করে দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রাও নির্ণয় করা যায়।

http://pdfcorner.com

## ১২·১৩। ধাতুর ক্ষয় ও অপরিবর্তী অ্যানোডীয় প্রতিভাস
### Metallic Corrosion & Irreversible Anodic Phenomenon

**ধাতুর ক্ষয় ঃ** কোন ধাতু পরিবেশ থেকে পানি ও অক্সিজেন সহযোগে বিক্রিয়া করে ক্ষয়প্রাপ্ত হলে, তাকে করোসান বা ধাতুর ক্ষয় বলে। লোহার মরিচা পড়া, রুপার উজ্জ্বলতা হ্রাস, কপার ও ব্রোঞ্জ সংকর ধাতুর উপর সবুজ আস্তরণ সৃষ্টি ইত্যাদি ধাতুক্ষয়ের উদাহরণ।

**ধাতুর ক্ষয়ের ব্যাখ্যা ঃ** ধাতু ক্ষয়ের খুব সাধারণ উদাহরণ হল লোহার মরিচা পড়া। অবিশুদ্ধ লোহার Fe পরমাণু এবং এর অপদ্রব্য অক্সিজেন মিশ্রিত পানির উপস্থিতিতে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভোল্টার কোষ গঠন করে। লোহার Fe পরমাণু তখন অ্যানোডরূপে ক্রিয়া করে। Fe পরমাণু জারিত হয় এবং অক্সিজেন মিশ্রিত পানি বিজারিত হয়ে $Fe(OH)_2$ গঠন করে। পরে বায়ুর অক্সিজেন ও পানি দ্বারা $Fe(OH)_2$ অধিক জারিত হয়ে **সোদক ফেরিক অক্সাইড বা মরিচা** গঠন করে ঃ

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^- \quad [\text{জারণ}]$$

$$H_2O + \tfrac{1}{2}O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^- \quad [\text{বিজারণ}]$$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Fe(OH)_2$$

$$2Fe(OH)_2 + H_2O + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow \underset{\text{মরিচা}}{Fe_2O_3.3H_2O} \text{ বা, } 2Fe(OH)_3$$

**সুতরাং ধাতুর ক্ষয় প্রক্রিয়াটি হল একটি তড়িৎ রাসায়নিক অ্যানোডিক জারণ প্রক্রিয়া।**

**ধাতুক্ষয় রোধ প্রক্রিয়া ঃ**

(i) যেহেতু **ধাতুর ক্ষয় একটি তড়িৎ রাসায়নিক অ্যানোডিক জারণ প্রক্রিয়া সেহেতু ধাতুকে ক্ষয় থেকে রক্ষা করতে হলে ধাতুটি কোন অবস্থায় যেন অ্যানোডরূপে কাজ করতে না পারে সে ব্যবস্থা করতে হবে।**

(ii) কোন ধাতুর উপর প্রায় সমমানের তড়িৎদ্বার বিভবের অপর ধাতু সংযোগ করে **ধাতুকে অ্যানোডিক জারণ থেকে ক্ষয়মুক্ত রাখা সম্ভব।** ডেনিয়েল কোষে অ্যানোড রূপে ব্যবহৃত Zn ধাতু ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়।

$$Zn\,(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

তাই লোহার উপর মরিচা পড়া রোধ করতে অধিক সক্রিয় Zn ধাতুর প্রলেপ দেয়া বা গ্যালভানাইজিং করা হয়।

(iii) একক ধাতুর পরিবর্তে সম সক্রিয় d- ব্লকের ধাতুসংকর ব্যবহার করে অ্যানোডরূপে লোহার জারণ রোধ করা যায়। যেমন মরিচারোধী ইস্পাতে লোহার সঙ্গে কার্বন, Cr ও Ni যুক্ত করে সংকর-ধাতুরূপে লোহার জারণ বিভব হ্রাস ও মরিচা রোধ করা হয়।

## ১২·১৩·১। ধাতুর ক্ষয়রোধে তড়িৎদ্বার বিভব প্রয়োগ
### Application of Electrode Potential in Prevention of Corrosion of Metals

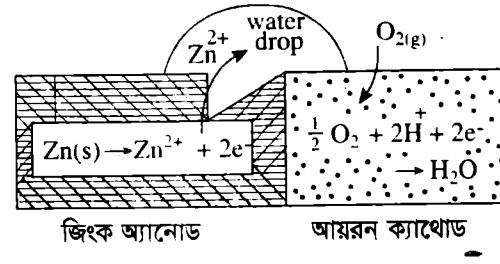
যেহেতু ধাতুর ক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া এবং তা হল অ্যানোডিক জারণ। এ জারণ প্রক্রিয়ায় ধাতুর সাথে পানি ও বায়ুর অক্সিজেন অংশ গ্রহণ করে। তাই ধাতুর ক্ষয়রোধে ধাতুর উপর গ্রীজ ও ধাতুর প্রলেপ দেয়া হয়। তবে সবচেয়ে কার্যকরী দুটো পদ্ধতি হল – (১) ক্যাথোডীয় সংরক্ষণ ও (২) অ্যানোডীয় সংরক্ষণ।

**(১) ক্যাথোডীয় সংরক্ষণ (Cathodic protection) ঃ** এ পদ্ধতিতে যে ধাতুটির ক্ষয়রোধ করতে হবে তাকে অন্য একটি অধিক সক্রিয় ধাতু যেমন Mg অথবা Zn ধাতুর সাথে বৈদ্যুতিকভাবে সম্পর্কিত করা হয়। এটি দু'ভাবে করা যায়। যেমন– (১) আয়রন ধাতুর উপর তরল জিংক ধাতুর প্রলেপ দেয়া বা **গ্যালভানাইজিং** করা এবং (২) অপরটি হল লোহার পাইপ বা জাহাজের খোল–এর সাথে জিংক বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর পাতকে তার দিয়ে সংযুক্ত করা।

http://pdfcorner.com

লোহার উপর গ্যালভানাইজিং করার ফলে এক্ষেত্রে জিংকের তড়িৎদ্বার বিভব আয়রনের চেয়ে কম হওয়ায় [ $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V এবং $E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44$ V] জিংক জারিত হয় [ $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ ] এবং অ্যানোডরূপে ক্রিয়া করে। তাই আয়রন হল এক্ষেত্রে ক্যাথোড; [ চিত্র ১২.৮]

উৎপন্ন ইলেকট্রন Zn থেকে Fe এর দিকে প্রবাহিত হয়। আয়রন পানির সংস্পর্শে হাইড্রোজেন আয়নকে ইলেকট্রন প্রদান করে এবং বায়ুর অক্সিজেনসহ বিক্রিয়ায় পানি উৎপন্ন করে। এরূপে আয়রন মরিচা পড়া থেকে রক্ষা পায়। আয়রনের উপরের জিংকের প্রলেপের কোন অংশ ভেঙে গেলেও যতক্ষণ পর্যন্ত আয়রনের উপর জিংক কোন অংশে থাকবে ততক্ষণ পর্যন্ত আয়রনের জারণ ঘটবে না। এরূপ ব্যবহৃত জিংককে উৎস অ্যানোড বলা হয়।




চিত্র ১২.৮ ঃ গ্যালভানাইজিং আয়রনে ক্যাথোডীয় সংরক্ষণ।

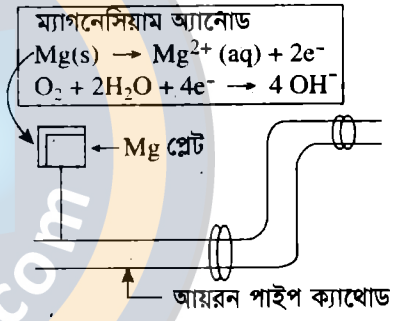
আবার প্রাকৃতিক গ্যাসের ভূগর্ভস্থ লোহার পাইপ, সমুদ্রগামী জাহাজ প্রভৃতির বেলায় অধিক সক্রিয় ধাতু যেমন Mg অথবা Zn ধাতুর প্লেটকে পাইপ ও জাহাজের সাথে কিছু দূর পর পর যুক্ত করা হয়। তখন Mg অথবা Zn জারিত হয় অর্থাৎ অ্যানোডরূপে কাজ করে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, (চিত্র ১২.৯)।

অল্প ম্যাগনেসিয়াম বা জিংক ক্ষয় হয়ে মূল্যবান লোহার পাইপ ও জাহাজের খোল ক্ষয় থেকে রক্ষা পায়।

$Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4\,OH^-$

এক্ষেত্রে নির্দিষ্ট সময় পর পর জাহাজের জিংক প্লেট ও আয়রন পাইপের সাথে যুক্ত ম্যাগনেসিয়াম প্লেট নতুনভাবে বদলানো হয়। এরূপে ব্যবহৃত Mg অথবা Zn ধাতুর অ্যানোডকে **'বলির অ্যানোড'** বা Sacrificial anode বলা হয়।




চিত্র ১২.৯ ঃ ভূগর্ভস্থ লোহার পাইপের ক্যাথোডীয় সংরক্ষণ।

**(২) অ্যানোডীয় সংরক্ষণ (Anodic protection) ঃ** এ পদ্ধতিতে সংশ্লিষ্ট ধাতুকে সতর্কতার সাথে জারিত করে ধাতুর পৃষ্ঠতলে ধাতুটির অক্সাইডের একটি পাতলা ও দৃঢ় স্তর সৃষ্টি করা হয়। এ ধাতব অক্সাইডের স্তর ঐ ধাতুটিকে বায়ু ও পানির সংস্পর্শ থেকে দূরে রাখে।

## ১২·১৪। প্রাইমারি সেল বা প্রাথমিক কোষ
### Primary Cell

**যে বিদ্যুৎ কোষ নিজেই নিজের রাসায়নিক শক্তি থেকে সরাসরি বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে বিদ্যুৎ প্রবাহ বজায় রাখে, তাকে প্রাথমিক কোষ বা মৌলিক কোষ বলে।** যেমন, ভোল্টার কোষ, লেকল্যান্স কোষ, ডেনিয়েল কোষ, শুষ্ক কোষ ইত্যাদি। প্রাথমিক কোষ আবার দু'ভাগে বিভক্ত। যথা ঃ

(ক) এক তরল কোষ (Single fluid cell) এবং (খ) দুই তরল কোষ (Double fluid cell।

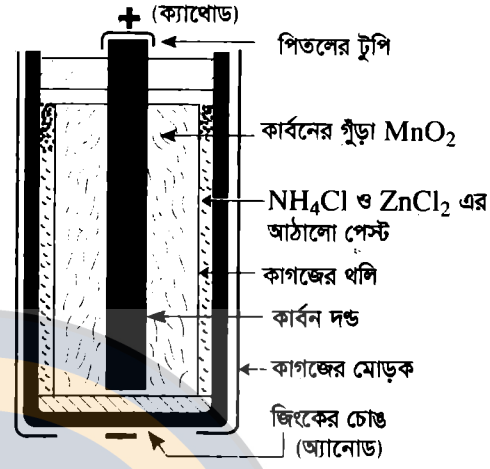
যে বিদ্যুৎ কোষে একটি মাত্র তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয়, তাকে **এক তরল কোষ** বলে। যেমন, লেকল্যান্স কোষ। অপরদিকে, যে বিদ্যুৎ কোষে দুটি তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয়, তাকে **দুই তরল কোষ** বলে। যেমন, ডেনিয়েল কোষ। শুষ্ক কোষে কোন তরল ব্যবহৃত হয় না।

### (ক) শুষ্ক কোষ (Dry Cell)

শুষ্ক কোষ হল একটি প্রাথমিক কোষ বা প্রাইমারি সেল, যা লেকল্যান্স বিদ্যুৎ কোষের একটি ভিন্ন রূপ। এ বিশেষ লেকল্যান্স কোষে বিদ্যুৎ উত্তেজক হিসেবে $NH_4Cl$ এর পেস্ট এবং ক্যাথোডের গায়ে $H_2$ গ্যাস দ্বারা পোলারন বা ছদন নিবারক হিসেবে জারকরূপে কঠিন ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ($MnO_2$) ব্যবহৃত হয় বলে একে শুষ্ক কোষ বলে।

http://pdfcorner.com

**গঠন ঃ** শুষ্ক বিদ্যুৎ কোষে জিংক অর্থাৎ দস্তার তৈরি একটি একমুখ বন্ধ ফাঁপা চোঙকে বহিঃপাত্র হিসেবে ব্যবহার করা হয় যা ঋণাত্মক পাত বা অ্যানোড হিসেবে কাজ করে। চোঙটিকে একটি কাগজের মোড়কে ঢেকে রাখা হয়। এ চোঙের ঠিক মাঝখানে একটি কার্বন দণ্ড (কোষের নিষ্ক্রিয় তড়িৎদ্বাররূপে) কোষের ধনাত্মক পাত বা ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে। কার্বন দণ্ডের মাথায় একটি পিতলের টুপি থাকে। এ কার্বন দণ্ডটি আলকাতরাযুক্ত কাগজের উপর খাড়াভাবে বসানো থাকে ফলে কার্বন দণ্ড থেকে দস্তার ফাঁপা চোঙ বিচ্ছিন্ন থাকে। এর চারপাশে কাগজের থলিতে $MnO_2$ ও গুঁড়া কার্বনের একটি আঠালো পেস্ট থাকে। কাগজের থলি সচ্ছিদ্র পাত্রের কাজ করে এবং কার্বন গুঁড়া ব্যবহারের ফলে ক্যাথোডের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বেড়ে যায়। দস্তার চোঙ ও কাগজের থলির মাঝে আঠালো স্টার্চের গুঁড়া, $NH_4Cl$ ও সামান্য $ZnCl_2$ এর একটি পেস্ট থাকে, যা $MnO_2$ কে ভেজা রাখতে সাহায্য করে। কোষের উপরের মুখে পিচ বা গালা স্তর থাকে। এ কোষের E.M.F. প্রায় 1.5 Volt।




চিত্র ১২·১০ ঃ শুষ্ক কোষ।

**কোষ বিক্রিয়া ঃ**

অ্যানোডে পরিবর্তন ঃ $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে পরিবর্তন ঃ $2NH_4^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2NH_3(g) + H_2(g)$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া ঃ $Zn(s) + 2NH_4^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2NH_3(g) + H_2(g)$

উৎপন্ন $H_2$ গ্যাস $MnO_2$ দ্বারা জারিত হয়ে পানি এবং উৎপন্ন $NH_3$ পানিতে দ্রবীভূত হয়।

$$2MnO_2(s) + H_2(g) \longrightarrow Mn_2O_3(s) + H_2O(l)$$

সুতরাং কোষ সংকেত বা সেল ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ ঃ

$Zn(s)\ /Zn^{2+}(aq)\ |\ 2NH_4^+(aq), \{2NH_3(aq) + H_2(g)\}\ /C(gr)$ ; $E = 1.5V$.

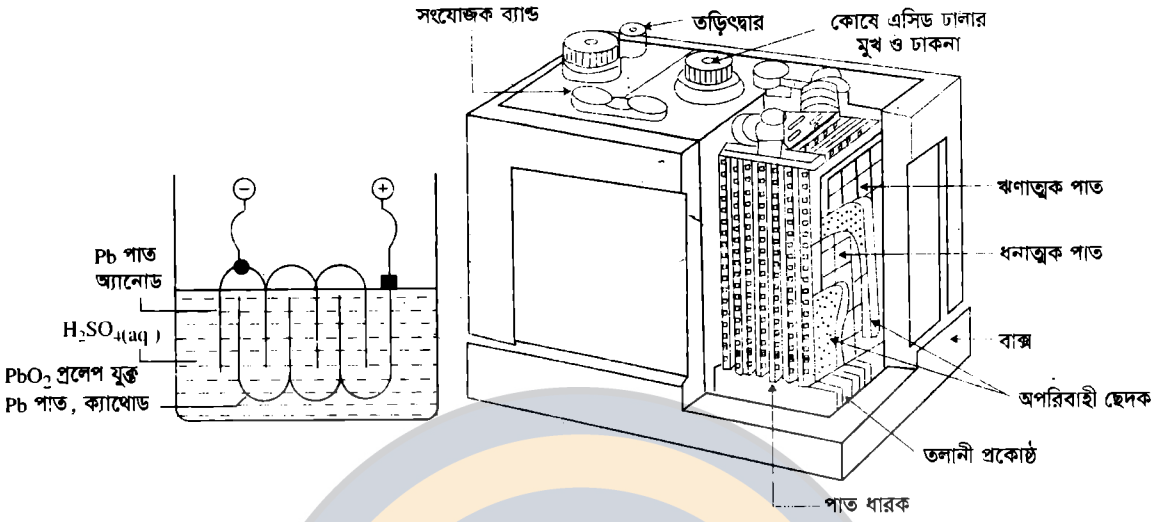
**শুষ্ক কোষের ব্যবহার ঃ** সাইকেলের আলো, রেডিও, টর্চ লাইট প্রভৃতিতে এটি ব্যবহৃত হয়। বাজারে এটি **ব্যাটারি** নামে পরিচিত।

## ১২·১৫। গৌণ কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ
### Secondary Cell or Accumulator Cell

**যে বিদ্যুৎ কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত রাখা হয় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে গৌণ কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ বলে।** সাধারণত লেড সঞ্চয়ী কোষ ও নিকেল অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ নামক দুটি সঞ্চয়ী কোষ ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

**(ক) লেড–এসিড ব্যাটারি বা লেড সঞ্চয়ী কোষ (Lead Acid Accumulator) ঃ** ১৮৫৯ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী প্লান্ট (Plant) এ কোষ আবিষ্কার করেন। এ কোষে একটি পুরু কাচ পাত্র আছে। এ পাত্রে ১·১৫ আপেক্ষিক গুরুত্বের $H_2SO_4$ এর মধ্যে কয়েকটি লেডের পাত সমান্তরালভাবে ডুবানো থাকে। পর্যায়ক্রমিকভাবে পাতগুলো পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে; যেমন প্রথম, তৃতীয়, পঞ্চম ইত্যাদি ধনাত্মক তড়িৎদ্বারের সাথে এবং দ্বিতীয়, চতুর্থ, ষষ্ঠ ইত্যাদি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত থাকে।

http://pdfcorner.com




চিত্র ১২.১১ ঃ লেড–এসিড ব্যাটারির একক কোষ




চিত্র ১২·১১ (ক) ঃ লেড–এসিড ব্যাটারি বা সঞ্চয়ী কোষ।

আধুনিক প্রণালীতে নিরেট পাতের পরিবর্তে ঝাঝরার মত জালি গ্রিড (Grid) যুক্ত পাত ব্যবহার করা হয়। **ধনাত্মক পাতের** ঝাঝরার ফাঁকগুলো রেড লেড $Pb_3O_4(PbO_2 + PbO)$ ও $H_2SO_4$ মিশ্রণে তৈরি পেস্ট দ্বারা এবং **ঋণাত্মক পাতের** ঝাঝরার ফাঁকগুলো লেড মনোক্সাইড (PbO) ও $H_2SO_4$ এর মিশ্রণে তৈরি পেস্ট দ্বারা বন্ধ থাকে। কোষটিকে নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ

$Pb(s) \mid H_2SO_4\ (PbSO_4\ saturated) \mid PbO_2(s)\ Pb(s)$

এ কোষ থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদনের সময় নিম্নোক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ঃ

**অ্যানোড বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে ঃ** $Pb\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow PbSO_4\ (s) + 2e^- + 2H^+\ (aq)$

**ক্যাথোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে ঃ** $PbO_2(s) + 2H^+ + H_2SO_4(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O\ (l)$

সুতরাং কোষ বিক্রিয়াটি হবে,

$$PbO_2\ (s) + Pb\ (s) + 2H_2SO_4\ (aq) \underset{\text{চার্জকালে}}{\overset{\text{ডিসচার্জ কালে}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4\ (s) + 2H_2O\ (l)$$

কোষটি উভমুখী এবং যখন $H_2SO_4$ এর আপেক্ষিক ঘনত্ব 1.15 থাকে তখন এর E.M.F. 2.03 Volt হয়। ডিসচার্জের সময় $H_2SO_4$ ব্যবহৃত হয়ে $PbSO_4$ ও $H_2O$ উৎপন্ন হয় বলে $H_2SO_4$ এর আপেক্ষিক ঘনত্ব হ্রাস পায়। **ব্যবহারের ফলে E.M.F. এর মান 1.17 Volt নেমে আসলে একে পুনরায় চার্জ করা প্রয়োজন।** চার্জ করার সময় বাহ্যিক উৎস থেকে এ কোষের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়। এ সময় উপরোক্ত বিক্রিয়াদ্বয়ের মধ্যে বিপরীত বিক্রিয়াটি ঘটে।

অর্থাৎ বাম তড়িৎদ্বার ঃ $PbSO_4(s) + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Pb\ (s) + H_2SO_4\ (aq)$

ডান তড়িৎদ্বার ঃ $PbSO_4(s) + 2H_2O\ (l) \longrightarrow PbO_2(s) + 2H^+ + H_2SO_4(aq) + 2e^-$

এর ফলে $H_2SO_4$ উৎপন্ন হয় বলে দ্রবণের আপেক্ষিক ঘনত্ব বাড়তে থাকে। আপেক্ষিক ঘনত্ব 1.15–এ পৌঁছলে চার্জ করা বন্ধ করতে হয়। চার্জের ফলে বাম তড়িৎদ্বারে লেড ধাতু এবং ডান তড়িৎদ্বারে $PbO_2$ ও দ্রবণে $H_2SO_4$ তৈরি হয় বলে সেলটি পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়। সুতরাং এ সেল থেকে আগের মত বিদ্যুৎ উৎপাদিত হয়। বিদ্যুৎ উৎপাদন কমে গেলে বা ডিসচার্জ ব্যাটারিকে চার্জকরণ বার বার করা যায়। ব্যাটারি বার বার চার্জকরণের ফলে $H_2SO_4$ মিশ্রিত পানি বিশ্লেষিত হয়ে $H_2$ ও $O_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। তখন এসিডে পানির পরিমাণ কমে যায়। এজন্য ঐ ব্যাটারিতে মাঝে মাঝে এসিডের ঘনত্ব হাইড্রোমিটার দ্বারা পরীক্ষা করে বিশুদ্ধ পানি যোগ করে $H_2SO_4$ এর ঘনমাত্রা সঠিক রাখা হয়।

http://pdfcorner.com

আবার এরূপ একাধিক কোষকে সারিবদ্ধভাবে সংযোজন করে **অধিক ভোল্টের সঞ্চয়ী কোষ** তৈরি করা যায়। যেমন, মোটর গাড়িতে ব্যবহৃত ১২ ভোল্টের ব্যাটারিতে এরূপ ৬টি কোষকে সারিবদ্ধভাবে সংযোজন করা হয়। লেড সঞ্চয়ী কোষকে **এসিড সঞ্চয়ী কোষ** (Acid accumulator cell)-ও বলা হয়। লেড সঞ্চয়ী কোষ মোটর গাড়িতে বিদ্যুৎ স্ফুরণের জন্য এবং জাহাজ, ট্রেন, উড়োজাহাজ ইত্যাদিতে আলো জ্বালানোর জন্য ব্যবহার করা হয়।

**(খ) নিকেল অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ (Nickel Oxide Accumulator cell) ঃ** বিজ্ঞানী এডিসন (Edison) এটি আবিষ্কার করেন বলে একে **এডিসন সঞ্চয়ী কোষ বা ক্ষারীয় সঞ্চয়ী কোষ** বলা হয়। এতে আয়রন অ্যানোড এবং নিকেল ট্রাইঅক্সাইড ($Ni_2O_3$) গুঁড়াযুক্ত নিকেল পাত ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে KOH ব্যবহার করা হয়। কোষটি নিম্নরূপ ঃ

$$Fe \mid FeO(s), KOH(aq), Ni_2O_3(s)NiO(s), \mid Ni$$

এক্ষেত্রে নিকেল নিষ্ক্রিয় তড়িৎদ্বার রূপে ব্যবহৃত হয়।

এ কোষ থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদনের সময় নিম্নোক্ত বিক্রিয়াসমূহ সংঘটিত হয়।

**বাম ইলেকট্রোডে বিক্রিয়া ঃ** $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

$$Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow FeO(s) + H_2O\ (l)$$

অর্থাৎ নিট বিক্রিয়া, $Fe(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow FeO(s) + H_2O\ (l) + 2e^-$

**ডান ইলেকট্রোডে বিক্রিয়া ঃ** $Ni_2O_3(s) + 3H_2O\ (l) \longrightarrow 2Ni^{3+}(aq) + 6OH^-(aq)$

$$2Ni^{3+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Ni^{2+}(aq)$$

$$2Ni^{2+}(aq) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 2NiO(s) + 2H_2O\ (l)$$

অর্থাৎ নিট বিক্রিয়া, $Ni_2O_3(s) + H_2O\ (l) + 2e^- \longrightarrow 2NiO(s) + 2OH^-(aq)$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া হবে নিম্নরূপ ঃ $Fe + Ni_2O_3 \underset{\text{চার্জকালে}}{\overset{\text{ডিসচার্জ কালে}}{\rightleftharpoons}} FeO + 2NiO$

এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, অক্সাইডগুলো হাইড্রেটেড হিসেবে থাকে। সহজভাবে উপস্থাপনের জন্য শুধু অক্সাইড হিসেবেই ধরা হয়েছে। এ কোষের e.m.f. এর মান সাধারণত 1.35 Volt।

পরবর্তীতে চার্জ করার সময় উপরোক্ত বিক্রিয়াসমূহের বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে।

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

**তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ঃ** যে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বা গ্যালভানিক কোষ বলে। যেমন ডেনিয়েল কোষ।

**কোষের ই. এম. এফ (e. m. f) ঃ** তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বর্তনী খোলা থাকা অবস্থায় তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে যে বিভব পার্থক্য হয়, তাকে কোষের তড়িচ্চালক বল (e. m. f) বলে। e. m. f এর একক হল ভোল্ট (volt)। কোন কোষের তড়িচ্চালক বল এর তড়িৎদ্বার দুটির বিজারণ বিভবের পার্থক্যের সমান।

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

**একক তড়িৎদ্বার বিভব ঃ** কোষের প্রত্যেকটি তড়িৎদ্বারের পৃষ্ঠতলে একটি নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক বিভবের সৃষ্টি হয়, এ বিভবকে একক তড়িৎদ্বার বিভব বলে।

**প্রমাণ একক তড়িৎদ্বার বিভব ঃ** অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা আয়নের সাথে উভমুখী থাকে, তার ঘনমাত্রা 1 $molL^{-1}$; তাপমাত্রা 298 K এবং গ্যাসের ক্ষেত্রে 1 atm চাপ হলে, ঐ তড়িৎদ্বার বিভবকে প্রমাণ একক তড়িৎদ্বার বিভব বলে।



http://pdfcorner.com

**তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী (E. C. S) ঃ** প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবকে 0 (শূন্য) ধরে বিভিন্ন মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের তুলনামূলক ক্রম অনুসারে সাজানো শ্রেণীকে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী (E. C. S) বা তড়িচ্চালক শ্রেণী (E. M. S) বলে। এর দ্বারা মৌলের বিক্রিয়া ক্ষমতার তুলনা করা যায়।

**তড়িৎকোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা ঃ** তড়িৎকোষের সামগ্রিক কোষ বিভব (e. m. f) ধনাত্মক হলে, তবে কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে।

**দ্রবণের pH নির্ণয় ঃ** কোন দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য pH মিটার ব্যবহৃত হয়। pH মিটারটি ১টি গ্লাস ইলেকট্রোড, ১টি ক্যালোমেল ইলেকট্রোড ও একটি সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার সহযোগে তৈরি করা হয়।

**ধাতুক্ষয় ঃ** অ্যানোডিক জারণ প্রক্রিয়া দ্বারা ধাতুক্ষয় ঘটে। তাই কোন ধাতুর ক্ষয়রোধে গ্যালভানাইজিং অথবা ক্যাথোডীয় সংরক্ষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করতে হয়।

**প্রাইমারি সেল ঃ** যে বিদ্যুৎ কোষ নিজেই নিজের রাসায়নিক শক্তি থেকে সরাসরি বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে বিদ্যুৎ প্রবাহ বজায় রাখে, তাকে প্রাইমারি সেল বা প্রাথমিক কোষ বলে। প্রাইমারি সেলকে পুনরায় চার্জ করা যায় না। যেমন, ডেনিয়েল কোষ, শুষ্ক কোষ।

**সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ ঃ** যে বিদ্যুৎ কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত রাখা হয় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে সঞ্চয়ী কোষ বলে। সঞ্চয়ী কোষকে পুনরায় চার্জ করা যায়। যেমন, লেড সঞ্চয়ী কোষ।

## অনুশীলনী–১২ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ কী? [ রা. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৯ ]
(খ) ডেনিয়েল কোষের চিত্রসহ গঠন, অর্ধকোষ ও কোষ বিক্রিয়া, কোষ সংকেতসহ লেখ। [ ঢা. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯, ২০১০; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১১]

২। (ক) কোষের তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড কী?
(খ) একটি কোষে কয়টি তড়িৎদ্বার থাকে? ডেনিয়েল কোষের তড়িৎদ্বারগুলো চিত্রসহ চিহ্নিত কর।

৩। (ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন বর্ণনা কর। [ চ. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০ ]
(খ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার সম্পর্কে টীকা লেখ।
(গ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে একটি জিংক তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় কর।

৪। ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

৫। কোন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কী–না তুমি কীভাবে নিশ্চিত হবে?

৬। (ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে কোন দ্রবণের pH কীভাবে নির্ণয় করবে?
(খ) বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার পদ্ধতি বর্ণনা কর। [ কু. বো. ২০১১]

৭। (ক) ধাতুর ক্ষয় বা করোসান কীভাবে ঘটে? ধাতুর ক্ষয় কীভাবে রোধ করা যায়?
(খ) ধাতুর ক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া; –ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৭, ২০১০; ব. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০১০]

৮। (ক) প্রাথমিক কোষ ও গৌণ কোষ কাকে বলে?
(খ) লেড এসিড সঞ্চয়ী কোষের বর্ণনা দাও।
(গ) এডিসন সঞ্চয়ী কোষ বা ক্ষারীয় কোষের বর্ণনা দাও।
(ঘ) শুষ্ক কোষ কাকে বলে? একটি শুষ্ক কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৮; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; য. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৯ ; ব. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১০]

http://pdfcorner.com

## খ-বিভাগ : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। (ক) অর্ধ কোষ কী? অর্ধকোষের প্রকার উদাহরণসহ লেখ। [ দি. বো. ২০০৯ ]
(খ) জারণ অর্ধকোষ ও বিজারণ অর্ধকোষ কী? উদাহরণ দাও।
(গ) অর্ধ কোষ বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। [ কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]

২। কোষের তড়িচ্চালক বল বা e.m.f বলতে কী বুঝ? [ ঢা. বো. ২০০৬, ২০০৯; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০০৭, ২০১১; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯, ২০১১]

৩। (ক) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ কাকে বলে? উভয় কোষের মধ্যে পার্থক্যসমূহ কী কী? [কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৯, ২০১১]
(খ) জারণ বিভব ও বিজারণ বিভব কী। উদাহরণ দাও। [ ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৬]

৪। (ক) ডেনিয়েল কোষ তৈরি করতে কী কী উপাদান প্রয়োজন হয়? চিত্রসহ চিহ্নিত কর।
(খ) $Zn(s) / ZnSO_4(aq) \mid CuSO_4(aq) / Cu(s)$ এ কোষটির কোষ বিক্রিয়া লেখ। [কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮, ২০১০]
(গ) $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \mid\mid H^+(aq) / H_2(g), Pt$ এ কোষটির অর্ধকোষ বিক্রিয়াদ্বয় এবং সম্পূর্ণকোষ বিক্রিয়া লেখ। [সি. বো. ২০০৬, ২০০৯]

৫। (ক) কোষের লবণ সেতু কী? এর ভূমিকা কী? [ ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]
(খ) নির্দেশক তড়িৎদ্বার কী? [চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯]

৬। (ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার কী? এটা লেখার রীতি উদাহরণসহ লেখ। [ঢা. বো. ২০০৮]
(খ) প্রমাণ তড়িৎদ্বারের অপর নাম কী? প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সংকেত লেখ ও এর একক কী?

৭। (ক) প্রমাণ একক তড়িৎদ্বার বিভব বলতে কী বুঝ? [ সি. বো. ২০০৭]
(খ) প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলতে কী বুঝ? [ ঢা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭]
(গ) প্রমাণ কপার তড়িৎদ্বারের বিভব 0.3394 V— এ কথার অর্থ কী? [ ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০ ]
(ঘ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার বিভবের মান শূন্য—উক্তিটি ব্যাখ্যা কর। [ ব. বো. ২০০৬, ২০০৯; য. বো. ২০০৭]

৮। (ক) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে স্থান প্রাপ্ত সর্বনিম্ন প্রমাণ বিজারণ বিভব তড়িৎদ্বার [ $Li^+/Li$) ও সর্বোচ্চ প্রমাণ বিজারণ বিভব তড়িৎদ্বার ($Au^{3+}/Au$) দুটির তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া ও তাদের বিজারণ বিভবের পরিমাণ লেখ।
(খ) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী বা ইলেকট্রো-কেমিক্যাল সিরিজ কী?

৯। (ক) তড়িৎকোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততার শর্ত কী? [ সি. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯ ]
(খ) $Cu(s) + ZnSO_4(aq) \longrightarrow CuSO_4(aq) + Zn(s)$; এ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে কী? [$Cu^{2+}/Cu$ এবং $Zn^{2+}/Zn$ এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে + 0.34V ও – 0.76V] [ ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০]
(গ) $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$; এ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কি? $Zn^{2+}/Zn(s)$ এবং $Cu^{2+}/Cu(s)$ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব যথাক্রমে –0.76v এবং + 0.34v। [দি. বো. ২০১০]

১০। (ক) একাভিমুখী কোষের প্রয়োজনীয় শর্ত উল্লেখ কর।
(খ) একাভিমুখী কোষের একটি উদাহরণ লেখ। এতে কী কী শর্ত কার্যকরী আছে তা বুঝিয়ে দাও।

http://pdfcorner.com

১১। নিম্নোক্ত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া যে তড়িৎকোষে ঘটে সেগুলোর কোষ সংকেত লেখ।

(ক) $Zn\ (s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}\ (aq) + H_2(g)$ (উঃ) (ক) $Zn(s) \mid ZnSO_4(aq) \parallel H_2SO_4(aq) \mid H_2(g), Pt$

[ঢা. বো. ২০০০; চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০২]

(খ) $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$ (উঃ) (খ) $Zn(s) \mid ZnSO_4(aq) \mid CuSO_4(aq) \mid Cu(s)$

(গ) $Fe\ (s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$ (উঃ) (গ) $Fe(s) \mid FeSO_4(aq) \mid CuSO_4(aq) \mid Cu(s)$

[ঢা. বো. ২০০০]

১২। (ক) $Zn/Zn^{2+}$ এবং $Ag/Ag^+$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে একটি কোষ গঠন কর ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

[ চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭ ]

(খ) কোবাল্ট নিকেল তড়িৎকোষে কোন্‌টি অ্যানোড ও কোন্‌টি ক্যাথোড হবে ব্যাখ্যা কর। এর অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ সংকেত লেখ। তাদের প্রমাণ জারণ বিভব হল; Co, $Co^{2+} = +0.28$ V এবং Ni, $Ni^{2+} = +0.25$ V। [ সংকেত ঃ যেটির জারণ বিভব বেশি তা হবে অ্যানোড। ]

(গ) কোন তড়িৎকোষের দুটো তড়িৎদ্বারের মধ্যে কোনটি অ্যানোড বা ক্যাথোড হবে তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১৩। জিংক বা দস্তার পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? যুক্তি দাও।

দেয়া আছে, $E^{\circ}_{ox}$ $Zn/Zn^{2+} = +0.76V$ এবং $Fe/Fe^{2+} = 0.44$ V [ঢা. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮ ]

[ উত্তর সংকেত ঃ জিংকের জারণ বিভব আয়রনের চেয়ে বেশি; তাই নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে।

$$Zn\ (s) + Fe^{2+}\ (aq) \xrightarrow{2e^-} Zn^{2+}\ (aq) + Fe(s)$$

বিজারণ বিভবরূপে ধরে ঃ $E_{কোষ} = [-0.44 - (-0.76)] = +0.32$ V। তাই স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া ঘটবে। এজন্য জিংকের পাত্রে $Fe^{2+}$ দ্রবণ রাখা যাবে না।]

১৪। তামা বা কপার ধাতুর পাত্রে $MgSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? যুক্তি দাও।

দেয়া আছে, $E^{\circ}_{red}$, $Cu^{2+}/Cu = +0.34$ V; $E^{\circ}_{red}$, $Mg^{2+}/Mg = -2.3$V [ সি. বো. ২০০৫ ]

[ উত্তর সংকেত ঃ কপার ধাতুর বিজারণ বিভব ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে বেশি অর্থাৎ কপার ধাতুর জারণ বিভব Mg ধাতুর চেয়ে কম; তাই Cu পরমাণু থেকে ইলেকট্রন $Mg^{2+}$ আয়নে যাবে না। সুতরাং কোন স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া ঘটবে না। এক্ষেত্রে $E_{কোষ} = -2.64$ V। তাই স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে না। তাই কপার ধাতুর পাত্রে $MgSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে।]

১৫। কপার ধাতুর পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? দেয়া আছে $E^{\circ}_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34$ V এবং $E^{\circ}_{Fe/Fe^{2+}} = +0.44$ V [রা. বো. ২০০৬ ]

[ উত্তর সংকেত ঃ ১৪। নং প্রশ্নের যুক্তির মত।]

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা–১২

১। সিলভার ও ক্যাডমিয়াম ইলেকট্রোড দ্বারা গঠিত কোষটি লেখ এবং ক্যাথোড ও অ্যানোড নির্দেশ কর। উভয় ইলেকট্রোডে সংঘটিত অর্ধবিক্রিয়া ও মোট কোষ বিক্রিয়াটি লেখ এবং কোষটির e.m.f হিসাব কর। ইলেকট্রোড পটেনসিয়ালের মান নিম্নরূপ ঃ $E^{\circ}_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40$ V এবং $E^{\circ}_{Ag^+/Ag} = +0.80$ V। উঃ $E_{cell} = +1.2$ V

২। যদি $E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.763$ V; $E^{\circ}_{Pd^{2+}/Pd} = -0.126$ V হয় এবং উভয় দ্রবণের ঘনমাত্রা 1M হয়; তবে Pd ধাতু দ্বারা $Zn^{2+}$ বিজারিত হবে কী? যুক্তিসহ লেখ।

উঃ Pd ধাতু $Zn^{2+}$ কে বিজারিত করলে কোষ বিক্রিয়া হয়,

http://pdfcorner.com

$Pd(s) + Zn^{2+}(aq) \longrightarrow Zn(s) + Pd^{2+}(aq)$ এবং $E^{\circ}_{cell}$ এর মান –0.637 V (ঋণাত্মক), তাই কোষ বিক্রিয়া ঐ রূপ ঘটবে না; তবে Zn দ্বারা $Pd^{2+}$ বিজারিত হবে।]

৩। $Zn/Zn^{2+}$ এবং $Ag/Ag^{+}$ তড়িৎদ্বার দু'টির জারণ বিভব যথাক্রমে + 0.76 V এবং – 0.799 V। তড়িৎ কোষটির মোট বিভব কত গণনা কর। [ উঃ 1.559 V ] [ চ. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১১]

৪। নার্নস্ট কোষ সমীকরণ প্রয়োগ করে নিম্নোক্ত রাসায়নিক কোষের EMF হিসাব কর।

$$Mg(s) / Mg^{2+}(0.001M) \,||\, Cu^{2+}(0.0001M) / Cu(s)$$

এক্ষেত্রে $E^{\circ}_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37V$ এবং $E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$ [ উঃ 2.6804 V]

৫। 25°C তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) নির্ণয় কর।

$$Fe(s) / Fe^{2+}(0.001M) \,||\, H^{+}(1M) / H_2(1atm) \,|\, Pt$$

এক্ষেত্রে $E^{\circ}_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44\,V$ [ উঃ 0.5288 V]

৬। 25°C তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) হিসাব কর।

$$Sn(s) / Sn^{2+}(0.05M) \,||\, H^{+}(0.02M) / H_2(1atm) \,|\, Pt$$

এক্ষেত্রে $E^{\circ}_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\,V$ [ উঃ 0.07793 V]

৭। 25°C তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল হিসাব কর।

$$Pb(s) / Pb^{2+}(1M) \,||\, H^{+}(0.4M) / H_2(1atm) \,|\, Pt$$

এক্ষেত্রে $E^{\circ}_{Pb^{2+}/Pb} = -0.14\,V$ [ উঃ 0.1165 V]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ : সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ও তড়িৎ রাসায়নিক কোষ নামে দুই শ্রেণীর তড়িৎ কোষ আছে। ডেনিয়েল কোষ হল তড়িৎ রাসায়নিক কোষের একটি উদাহরণ আর ইলেকট্রোপ্লেটিং–এ ব্যবহৃত তড়িৎ কোষ হল তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের উদাহরণ। তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে।

(ক) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ কী? ১

(খ) ডেনিয়েল কোষ গঠন পদ্ধতি চিত্রসহ চিহ্নিত কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্যে পার্থক্যগুলো লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে তড়িৎ কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততার শর্ত কী? ডেনিয়েল কোষ বিক্রিয়ার সাহায্যে তা ব্যাখ্যা কর। জিংক ধাতুর পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কী?—যুক্তি দাও।

$E^{\theta}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\,V$ $E^{\theta}_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44$ ৪

২। নিম্নে কয়েকটি ইলেকট্রোডের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব দেখানো হল। ধাতুর ক্ষয়রোধে তড়িৎদ্বার বিভব প্রয়োগ করা হয়।

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H^+/H_2$. Pt, | $H^+ + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}H_2(g)$ | | 0.00 V ( $E^{\theta}$ ) |
| $Fe^{2+}/Fe$, | $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$ | | – 0.44 V ( $E^{\theta}$ ) |
| $Zn^{2+}/Zn$, | $Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ | | – 0.76 V ( $E^{\theta}$ ) |
| $Co^{2+}/Co$ | $Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co(s)$ | | – 0.28V ($E^{\theta}$) |
| $Ni^{2+}/Ni$ | $Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni(s)$ | | – 0.25V ($E^{\theta}$) |

প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব রাসায়নিক তড়িৎ কোষ গঠন ও ধাতুক্ষয় রোধ করতে প্রধান ভূমিকা রাখে।

(ক) প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব কী? ১

(খ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার বলতে কী বুঝ? হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে জিংক তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় ব্যাখ্যা কর। ২

http://pdfcorner.com

(গ) উদ্দীপক মতে, কোবাল্ট নিকেল তড়িৎকোষে কোন্‌টি অ্যানোড ও কোন্‌টি ক্যাথোড হবে তা ব্যাখ্যা কর। এদের অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ সংকেত লেখ। এ কোষটির e.m.f বের কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ধাতুক্ষয় বলতে কী বুঝ? ধাতুক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া—ব্যাখ্যা কর। সমুদ্রগামী জাহাজের লোহার মরিচা রোধ কীভাবে করা যায়? ৪

৩। একটি গ্যালভানিক কোষে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারণ-বিজারণ ঘটে। এক তড়িৎদ্বারে মুক্ত ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়ে অপর তড়িৎদ্বারে এসে শোষিত হয়। এভাবে দুই তড়িৎদ্বারে তড়িৎ বিভবের পার্থক্য সৃষ্টি হওয়ার কারণে তড়িৎ প্রবাহ চলতে থাকে। প্রতিটি গ্যালভানিক কোষ দুটি ভিন্ন জারণ বা বিজারণ বিভবের তড়িৎদ্বার দ্বারা গঠিত হয়।

(ক) অর্ধকোষ কী? ১

(খ) নিচের কোষ বিক্রিয়াটিকে দুটি অর্ধবিক্রিয়ারূপে লেখ এবং কোষ ডায়াগ্রাম বা কোষ সংকেতটি লেখ। ২

$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

(গ) উদ্দীপক মতে, তড়িৎদ্বারের জারণ ও বিজারণ বিভব কী? $Zn/Zn^{2+}$ এবং $Ag/Ag^+$ তড়িৎদ্বার দুটির জারণ–বিভব যথাক্রমে + 0.78V এবং –0.80V। তড়িৎ কোষটির emf গণনা কর। কোন তড়িৎদ্বারের বিভব কীসের উপর নির্ভরশীল? [ উঃ1.58V] ৩

(ঘ) উপরের (খ) নং প্রশ্নের কোষটির দুটি অর্ধকোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্য যথাক্রমে $ZnSO_4$ দ্রবণ ও $H_2SO_4$ দ্রবণকে সছিদ্র দেওয়াল যোগে পরস্পরের সংযোগে রাখা যাবে কী যাবে না তা ব্যাখ্যা কর। কোষটিকে কার্যকরী করতে কী করা উচিত তা চিত্রসহ যুক্তি দাও। ৪

৪। কোন একক তড়িৎদ্বারের বিভব সরাসরি নির্ণয় করা যায় না। বিজ্ঞানীরা নির্দেশক তড়িৎদ্বার নামক কোন তড়িৎদ্বারের বিভব মান সর্বসম্মতিক্রমে শূন্য ধরে এটিকে পরীক্ষণীয় তড়িৎদ্বার সংযোগে একটি পূর্ণ কোষ গঠন করে ঐ পূর্ণ কোষের e. m.f কে পরীক্ষণীয় তড়িৎদ্বারের বিভব ধরা হয়। নির্দেশক তড়িৎদ্বার হল হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ও ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার। আবার কোষের e.m.f গণনার জন্য নার্নস্ট সমীকরণ রয়েছে।

(ক) নির্দেশক তড়িৎদ্বার কী? ১

(খ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার সংযোগে জিংক তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয়ের জন্য গঠিত কোষের কোষ ডায়াগ্রাম এবং সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়াটি লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার কোন্ শ্রেণীভুক্ত? ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের গঠন সংক্ষেপে লেখ। ৩

(ঘ) তড়িৎকোষের e.m.f সম্পর্কীয় উদ্দীপকের নার্নস্ট সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। একযোজী ও দ্বিযোজী আয়নবিশিষ্ট তড়িৎকোষের বেলায় (i) কোষ ডায়াগ্রাম, কোষ বিক্রিয়া ও নার্নস্ট সমীকরণ মতে ঐ কোষের e.m.f প্রকাশ কর। ৪

## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরে

১। ডেনিয়েল কোষের যে তড়িৎদ্বারে জারণ ঘটে; সেটি হল–

(ক) ক্যাথোড (খ) অ্যানোড (গ) যে কোন একটি হতে পারে (ঘ) $CuSO_4(aq)$

২। নিচের কোন্ তড়িৎদ্বার জারণ প্রক্রিয়া বোঝায়?

(ক) $Zn^{2+}/Zn$ (খ) $Zn/Zn^{2+}$ (গ) $Cu^{2+}/Cu$ (ঘ) $H^+/H_2$, Pt

৩। নিচের কোন্ তড়িৎদ্বার বিজারণ-প্রক্রিয়া বোঝায়?

(ক) $Fe/Fe^{2+}$ (খ) $Cu^{2+}/Cu$ (গ) $Zn/Zn^{2+}$ (ঘ) $Pt.H_2/H^+$

৪। অ্যানোডরূপী $Zn/Zn^{2+}$ ($E^\theta$ = + 0.76V) এর সাথে নিচের কোন্‌টিকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা যাবে?

(ক) $Co/Co^{2+}$ ($E^\theta$ = + 0.28) (খ) $Mg/Mg^{2+}$ ($E^\theta$ = + 2.36)

(গ) $Ca/Ca^{2+}$ ($E^\theta$ = + 2.87) (ঘ) $Al^{3+}/Al$ ($E\theta$ = – 1.66)

http://pdfcorner.com

৫। কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটতে হলে কোষের e.m.f এর মান হতে হবে—
(ক) ধনাত্মক (খ) ঋণাত্মক (গ) যে কোন্‌টি হতে পারে (ঘ) 0.0V

৬। নিচের কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোন্‌টি কার্যকর কোষ হবে?
(ক) $Fe/Fe^{2+}|Zn^{2+}/Zn$ ($E^{\theta}_{cell} = -0.32V$) (খ) $Cu/Cu^{2+}|Zn^{2+}/Zn$ ($E^{\theta}_{cell} = -1.10V$)
(গ) $Zn/Zn^{2+} || H^{+}/H_2$, Pt ($E^{\theta}_{cell} = +0.76V$) (ঘ) $Cu/Cu^{2+}|Fe^{2+}/Fe$ ($E^{\theta}_{cell} = -78$ v)

৭। প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসেবে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়?
(ক) গ্লাস তড়িৎদ্বার (খ) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার (গ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার (ঘ) জিংকে তড়িৎদ্বার

৮। প্রাইমারি কোষ বা মৌলিক কোষ কোন্‌টি?
(ক) লেড–এসিড কোষ (খ) নিকেল–অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ (গ) শুষ্ক কোষ (ঘ) ব্যাটারি

৯। গাড়িতে ব্যবহৃত ব্যাটারি কোন্‌ শ্রেণীর কোষ?
(ক) প্রাইমারি কোষ (খ) সেকেন্ডারি কোষ (গ) নিকেল অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ (ঘ) সাধারণ ব্যাটারি

১০। বিদ্যুৎ সাপ্লাই বন্ধ হলে বর্তমানে IPS সিস্টেম ব্যবহার করে, এটির উৎস কী?
(ক) প্রাইমারি কোষ (খ) লেড–এসিড ব্যাটারি (গ) গ্যালভানিক কোষ (ঘ) সাধারণ ব্যাটারি

১১। গাড়িতে ব্যবহৃত লেড–এসিড সঞ্চয়ী কোষে মাঝে মাঝে পানি দিতে হয় কেন?
(ক) $H_2SO_4$ এর আপেক্ষিক গুরুত্ব (1.15) ঠিক রাখার জন্য, (খ) কোষটিকে ঠান্ডা রাখার জন্য
(ঘ) লেড পাতের পরিবর্তন ঠিক রাখার জন্য (ঘ) $H^+$ আয়ন ঠিক রাখতে

১২। সাধারণ অবস্থায় গ্যালভানিক কোষের emf হয় কোনটি?
(ক) O.42V (খ) O.62V (গ) 1.10V (ঘ) 1.80V

১৩। $Zn\ (s)\ /Zn^{2+}\ |2NH_4{}^+, [2NH_3+H_2]/C\ (gr)$ কোষের emf কত?
(ক) 1.10V (খ) 1.35V (গ) 1.60V (ঘ) 1.5V

১৪। শুষ্ক কোষে ছদন নিবারক রূপে কোনটি ব্যবহৃত হয়?
(ক) $KMnO_4$ (খ) $K_2Cr_2O_7$ (গ) $MnO_2$ (ঘ) $SiO_2$

১৫। তড়িৎ কোষের রিডক্স বিক্রিয়া ঘটলে তখন কোষের emf হবে কোনটি?
(ক) ধনাত্মক (খ) ঋণাত্মক (গ) শূন্য (ঘ) স্থির

১৬। $Sn(s) + 2Ag^+\ aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$; এ কোষ বিক্রিয়া মতে কোষটির e.m.f বৃদ্ধি করতে কোনটি সহায়ক হবে?
(ক) $Sn^{2+}$ আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি, (খ) $Ag^+$ আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি,
(গ) Ag দন্ডের আকার বৃদ্ধি (ঘ) উপরের কোনটিই নয়,

১৭। প্রমাণ H -ইলেকট্রোডে $H^+$ আয়নের ঘনমাত্রা রাখা হয় কোন্‌টি?
(ক) 0.1M (খ) o.2M (গ) 1M (ঘ) 2M

১৮। লবণ সেতুর প্রধান ভূমিকা হল কোনটি?
(ক) অর্ধকোষে আয়ন বিনিময়, (খ) উভয় অর্ধ কোষকে সংযুক্ত করা
(গ) কোষের e m f ধনাত্মক করা, (ঘ) উভয় অর্ধকোষের দ্রবণে তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় রাখা

১৯। A, B, C, D ধাতু সমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব হল যথাক্রমে – 3.05V, - 1.66V, 0.40V ও 0.80V। এদের কোন্‌টি অধিক সবল বিজারক হবে?
(ক) A (খ) B (গ) C (ঘ) D

http://pdfcorner.com

২০। Zn ও Ag তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব যথাক্রমে + 0.76V ও – 080V $Zn/Zn^{2+}|Ag+ /Ag$ কোষের e r৲ f হবে –
(ক) – 1.56V (খ) – 0.04V (গ) + 0.04V (ঘ) 1.56V

২১। $Zn/Zn^{2+}$ অর্ধকোষটি কী প্রকারের অর্ধকোষ হবে?
(ক) অ্যানোড অর্ধকোষ (খ) ধাতু–ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ
(গ) জারণ–বিজারণ অর্ধকোষ (ঘ) গ্যাস অর্ধকোষ

২২। Pt, $H_2/H^+$ অর্ধকোষটি কী প্রকারের অর্ধকোষ হবে?
(ক) অধাতব অর্ধকোষ, (খ) গ্যাস অর্ধকোষ (গ) জারণ অর্ধকোষ, (ঘ) জারণ–বিজারণ অর্ধকোষ

২৩। ধাতুর আয়ন ল্যাটিশ ত্যাগ করে দ্রবণে যাওয়ার প্রবণতাকে বলা হয়–
(ক) অসমোটিক চাপ, (খ) অভিস্রবণ চাপ, (গ) দ্রবণ চাপ, (ঘ) তড়িৎ সাম্য

২৪। অর্ধকোষের ধনাত্মক আয়ন ধাতব দন্ডের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতাকে বলা হয় কী?
(ক) দ্রবণ চাপ, (খ) অসমোটিক চাপ, (গ) তড়িৎ সাম্য, (ঘ) অভিস্রবণ চাপ

২৫। যে তড়িৎদ্বার দ্বারা অপর কোন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা হয়, তাকে কী বলে?
(ক) প্রমাণ তড়িৎদ্বার (খ) নির্দেশক তড়িৎদ্বার,
(গ) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার, (ঘ) গ্লাস তড়িৎদ্বার

২৬। কোন্‌টি বহুল ব্যবহৃত শুষ্ক কোষ শ্রেণীভুক্ত হবে?
(ক) লেকল্যান্স কোষ, (খ) লেড সঞ্চয়ক কোষ, (গ) IPS কোষ (ঘ) Ni -অক্সাইড কোষ

**খ – ১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। খ, ২। খ, ৩। খ, ৪। ক, ৫। ক, ৬। গ, ৭। গ, ৮। গ, ৯। খ, ১০। খ, ১১। ক, ১২। গ, ১৩। ঘ, ১৪। গ, ১৫। ক, ১৬। খ, ১৭। গ, ১৮। ঘ ১৯। ক, ২০। ঘ, ২১। খ, ২২। খ, ২৩। গ, ২৪। খ, ২৫। খ, ২৬। ক।

## খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ)
## ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক ঃ

১। ড্রাইসেল বা শুষ্ককোষ কিছুদিন ব্যবহারে ক্ষয়কারক তরল পদার্থ বের হয় কেন?
(i) ভেতরে ক্ষয়ক্ষারক পদার্থ উৎপন্ন হয়;
(ii) কোষের জিংক অ্যানোড জারিত হয়ে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়;
(iii) আর্দ্র বায়ুতে জিংকপাত্র ক্ষয় হয়;
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (i) ও (iii)

২। নিচের তিনটি কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোন্‌টি লেড–সঞ্চয়ী কোষ হবে?
(i) $Zn/Zn^{2+} | Pb^{2+}/Pb$; (ii) $Pb/Pb^{2+}|Cu^{2+}/Cu$
(iii) $Pb(s)/H_2SO_4(aq), PbSO_4(s) /PbO_2(s), Pb(s)$
উপরের তিন্‌টির মধ্যে কোন্‌টি সঠিক ?
(ক) (ii) (খ) (i) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (iii)

৩। নিচের তথ্যগুলো তোমার জানা আছে, যেমন—
(i) $H^+/H_2$, Pt ($E^0 = 0.0V$) (ii) $Zn^{2+}/Zn$ ($E^0 = –0.76V$) (iii) $Cu^{2+}/Cu$ ($E^0 = +0.34V$)
তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব মতে কোন্ ধাতুটি লঘু $H_2SO_4$ হতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করবে?
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (ii) ও (iii) (খ) (iii) (গ) (i) (ঘ) (ii)

http://pdfcorner.com

৪। Zn, $Zn^{2+}$ (1.0M) এবং Ag, $Ag^{+}$ (1.0M) অর্ধকোষদ্বয়ের সমন্বয়ে গঠিত কোষের ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্য হল –
(i) Zn ইলেকট্রোড অ্যানোড, (ii) কোষ বিক্রিয়ায় Zn ইলেকট্রোডে বিজারণ ঘটে, (iii) বাহ্যিক তারের মাধ্যমে Zn-ইলেকট্রোড থেকে ইলেকট্রন প্রবাহ ঘটে।
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৫। Zn (s) /$Zn^{2+}$ (aq)| $Cu^{2+}$ (aq)/Cu (s); নার্নস্ট সমীকরণ মতে কোষটির emf এর সমীকরণ হবে–

(i) $E_{\text{কোষ}} = E^{\theta}_{\text{কোষ}} + \frac{2.303RT}{2F} \times \log \frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}$;

(i) $E_{\text{কোষ}} = E^{\theta}_{\text{কোষ}} + \frac{0.0592}{2} \times \log \frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}$;

(i) $E_{\text{কোষ}} = E^{\theta}_{\text{কোষ}} + \frac{0.0592}{2} \times \log \frac{[Zn^{2+}(aq)]}{[Cu^{2+}(aq)]}$;

নিচের কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সম্পর্কিত তথ্যগুলো নিম্নরূপ ঃ
(i) রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর, (ii) অ্যানোড ধনাত্মক
(iii) অ্যানোড থেকে মুক্ত ইলেকট্রন বর্তনীতে প্রবাহিত হয়।
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৭। H– ইলেকট্রোড সম্পর্কিত তথ্যগুলো নিম্নরূপ ঃ
(i) দ্রবণের তাপমাত্রা 298K, (ii) বিশুদ্ধ $H_2$ গ্যাসকে 1 atm চাপে চালনা করা হয়,
(iii) 1M দ্রবণে Pt পাত ডুবানো থাকে
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৮। তড়িৎ কোষের emf নির্ণয়ের সূত্র হল –
(i) $E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{anode\ (ox)} - E^{\theta}_{athode\ (ox)}$ (ii) $E_{cell} = E_{anode\ (ox)} + E_{cathode\ (ox)}$
(iii) $E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{cathode\ (red)} - E^{\theta}_{anode\ (red)}$
নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৯। লবণ সেতু তৈরিতে ব্যবহৃত হয়, তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে –
(i) KCl এর সম্পৃক্ত দ্রবণ (ii) $KNO_3$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ (iii) $NH_4NO_3$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

১০। H - তড়িৎদ্বার ব্যবহৃত হয়, নিম্নোক্ত বিষয়ে–
(i) দ্রবণের pH নির্ণয়ে (ii) ইলেকট্রোডের বিভবমান নির্ণয়ে (iii) তড়িৎ কোষের e. m.f নির্ণয়ে
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) , (ii) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)



http://pdfcorner.com

**খ – ২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। গ ২। ঘ ৩। ঘ ৪। গ ৫। ক ৬। খ ৭। ঘ ৮। ঘ ৯। ঘ ১০। খ

**খ – ৩ MCQ : অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set MCQ)**

১। Cu - ইলেকট্রোডের বিভব মান নির্ণয় করতে প্রমাণ H-ইলেকট্রোড সহকারে ভোল্টমিটার সংযোগ করে দেখা গেল কোষটির emf ০.34V এবং H- ইলেকট্রোড থেকে Cu- ইলেকট্রোডে ইলেকট্রন প্রবাহিত হচ্ছে। সুতরাং কোষটির সমীকরণ হল ঃ

$2H(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^{+}(aq) + Cu(s)$ $\quad E^{\theta}_{cell} = 0.34V$

উদ্দীপকের তথ্য মতে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) উদ্দীপক কোষটির অ্যানোডের জারণ বিক্রিয়াটি হল কোনটি?

(ক) $2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2$ (খ) $2H \longrightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$

(গ) $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ (ঘ) $Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$

(২) $Cu/Cu^{2+}$ ইলেকট্রোডটির বিভব মান কত হবে?

(ক) 0.34V (খ) 0.17V (গ) – 0.34V (ঘ) – 0.17V

২। $Sn^{4+}$ আয়ন জারক হওয়ায় নিম্নরূপ বিক্রিয়ায় বিজারণ বিভব হয় E = xV

$Sn^{4+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$

এ জারণ–বিজারণ তড়িৎদ্বার ($Sn^{4+}/Sn^{2+}$) ভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) যদি বিক্রিয়াটিকে $2Sn^{4+}(aq) + 4e^{-} \longrightarrow 2Sn^{2+}(aq)$ রূপে লেখা হয়, তখন তড়িৎদ্বারটির বিজারণ বিভব মান হবে কোন্‌টি?

(ক) 2x (খ) x/4 (গ) x/2 (ঘ) x

(২) বিজারণ বিভবের বৈশিষ্ট্য হল কোনটি?

(ক) ভর নির্ভর রাশি (খ) ভর নিরপেক্ষ রাশি (গ) আধান নির্ভর (ঘ) চার্জ নিরপেক্ষ

৩। 25°C এ IM $ZnSO_4$ দ্রবণে Zn পাত এবং 1M $AgNO_3$ দ্রবণে Ag পাত ডুবিয়ে উভয় তড়িৎদ্বারকে লবণ সেতু দ্বারা যুক্ত করা হল এবং Cu তার দিয়ে উভয় ধাতব পাতকে ভোল্ট মিটার সহ যুক্ত করা হল। এতে (i) Zn- ইলেকট্রোড থেকে Ag- ইলেকট্রোডে ইলেকট্রন প্রবাহ ঘটে; (ii) কোষের emf হয় 1.56V, (iii) Zn - ইলেকট্রোডের জারণ বিভব 0.76V।

উপরের তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) Ag - ইলেকট্রোডের বিজারণ বিভব হবে কোন্‌টি?

(ক) – 0.80V (খ) 1.56V (গ) 0.80V (ঘ) – 1.56V

(২) $Ag^{+}$ আয়নের ঘনমাত্রা O.1M করা হলে কোষটির e.mf নিচের কোনটি হবে?

(ক) 1.56V (খ) 1.50V (গ) – 1.58V (ঘ) 1.58V

**খ – ৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) খ, (২) গ; ২। (১) ঘ, (২) খ; ৩।(১) গ, (২) খ।

http://pdfcorner.com

# ১৩ রাসায়নিক গতিবিদ্যা
# CHEMICAL KINETICS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি;
- রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করার উপায় বা শর্ত;
- বিক্রিয়ার ক্রম, বিক্রিয়ার আণবিক তত্ত্ব;
- শূন্য ক্রম বিক্রিয়া, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া;
- পরীক্ষালব্ধ ডাটা ও বিক্রিয়াক্রম হিসাব;
- বিক্রিয়ার গতির উপর তাপ, চাপ ও প্রভাবকের প্রতিক্রিয়া;
- প্রভাবক বিষ, প্রভাবক সহায়ক, সক্রিয়ণ শক্তি;
- জৈব প্রভাবক এনজাইমের ব্যবহার;
- শিল্পক্ষেত্রে ও বায়োলজিক্যাল প্রক্রিয়ায় প্রভাবকের ব্যবহার।

## ১৩·১। ভূমিকা
### Introduction

আমরা জানি, রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিক্রিয়ক অণু বা পরমাণুগুলো উৎপাদে পরিণত হয় অথবা বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হয়। এসব রাসায়নিক বিক্রিয়া তার পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর অনেকটা নির্ভরশীল। এদের মধ্যে কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া আছে, যেগুলো দ্রুততার সাথে সংঘটিত হয় যেমন এক সেকেন্ডের কম সময়ে ঘটে; কিছু বিক্রিয়া আছে যা কয়েক মিনিটের মধ্যে ঘটে। আবার কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া আছে যেগুলো অত্যন্ত ধীর গতিতে কয়েক বছরেও সম্পন্ন হয় না। যেমন,

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড ($\overset{+}{Na}\overset{-}{Cl}$) এর 5 ml 1M দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট ($\overset{+}{Ag}\overset{-}{NO_3}$) এর 5 ml 1M দ্রবণ যোগ করার সাথে সাথে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ক্লোরাইড আয়ন ও সিলভার আয়নের বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এটি একটি অতি দ্রুতগতির আয়নিক বিক্রিয়া।

$$Cl^-(aq) + Ag^+(aq) \longrightarrow AgCl(s)$$

(২) জিংক ধাতুর এক গ্রাম ভরের একটি টুকরাকে লঘু $H_2SO_4$ দ্রবণে যোগ করলে বুদ্‌বুদ্‌সহ $H_2$ গ্যাস বের হয়। এ বিক্রিয়াটি কয়েক মিনিটে শেষ হয়।

$$Zn\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow ZnSO_4\,(aq) + H_2(g)$$

(৩) খোলা বা ভেজা বাতাসে এক গ্রাম ভরের এক টুকরা লোহাকে ফেলে রাখলে ঐ লোহার উপর মরিচা নামক সোদক আয়রন (III) অক্সাইড সৃষ্টি হয়। কিন্তু সম্পূর্ণ লোহার টুকরাটি মরিচায় পরিণত হতে বছরের বেশি সময় লাগে। এটি একটি অতি ধীরগতির বিক্রিয়া।

$$4Fe\,(s) + 3O_2\,(g) + 3H_2O\,(l) \longrightarrow \underset{\text{মরিচা}}{2Fe_2O_3.3H_2O\,(s)}$$

অতএব, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া কী হারে সম্পন্ন হবে এবং কী কৌশলের মাধ্যমে শেষ হবে, এসব বিষয় অধ্যয়ন করা একজন রসায়নবিদের জন্য একান্ত প্রয়োজন। আর এসব গুরুত্বপূর্ণ বিষয়গুলোই আলোচিত হয় রাসায়নিক গতিবিদ্যায়। সুতরাং **ভৌত রসায়নের যে শাখায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বা হার, পরীক্ষাগত অধ্যয়ন, তাত্ত্বিক আলোচনা এবং বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল সম্পর্কে বিশ্লেষণ করা হয়, তাকে রাসায়নিক গতিবিদ্যা বলে।**

http://pdfcorner.com

## ১৩·২। বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ
**Rate of Reaction**

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া যে হারে সম্পন্ন হয়, তাকে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বলে। বিক্রিয়ার সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস এবং উৎপাদের ঘনমাত্রার বৃদ্ধি ঘটে; তাই বিক্রিয়ার হার ঘনমাত্রা পদের সাহায্যে সংজ্ঞায়িত হয়।

**বিক্রিয়ার হারের সংজ্ঞা ঃ প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস বা বিক্রিয়ায় সৃষ্ট উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির হারকে বিক্রিয়ার হার বলে।** অর্থাৎ,

$$\text{বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{ঐ পরিবর্তন সংঘটনে ব্যয়িত সময়}}$$

**গাণিতিক প্রকাশ ঃ** একটি সাধারণ বিক্রিয়া $A \rightarrow B$ বিবেচনা করা যাক।

মনে করি, বিক্রিয়া শুরুর $t$ সময় পরে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা $c$ হয় এবং এর ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময় $dt$ এর পর ঘনমাত্রা $(c - dc)$ হয়। তবে $dt$ সময়ের ব্যবধানে A এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন হবে $= (c - dc) - c = -dc$

$\therefore$ বিক্রিয়াটির গতিবেগ বা হার $= -\frac{dc}{dt}$ [ ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ঘনমাত্রার হ্রাস বোঝায় ]

আবার যদি $t$ সময় পর উৎপাদ B এর ঘনমাত্রা $x$ হয় এবং $(t + dt)$ সময় পর তা যদি $(x + dx)$ হয় তবে, $dt$ সময়ান্তে B এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন হবে, $(x + dx) - x = dx$ ।

$\therefore$ বিক্রিয়াটির গতিবেগ বা হার $= \frac{dx}{dt}$ ।

$\therefore$ বিক্রিয়ার গতিবেগ বা হার $= \frac{-dc}{dt} = \frac{dx}{dt}$

$c$ = $t$ সময়ের পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা;
$x$ = $t$ সময়ে উৎপন্ন উৎপাদের ঘনমাত্রা।

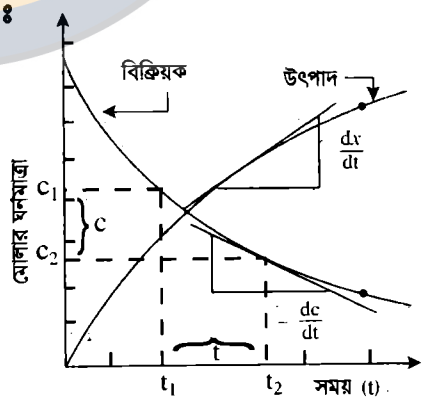
**বিক্রিয়ার হারের একক ঃ** আমরা জানি বিক্রিয়ার হার $= \frac{\text{বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{মোট সময়}}$

$\therefore$ বিক্রিয়ার হারের একক $= \frac{\text{মোল/লিটার}}{\text{সেকেন্ড}}$ = মোল লিটার$^{-1}$ সেকেন্ড$^{-1}$ $(molL^{-1}s^{-1})$।

বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা $1M\ L^{-1}$ হলে, তখন বিক্রিয়ার হারকে **বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক** (rate constant) বলে।

**লেখচিত্রের সাহায্যে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগের ব্যাখ্যা ঃ**

১৮৫০ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী L. Wilhetmy কর্তৃক প্রমাণিত হয়েছে যে, বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ প্রধানত বিক্রিয়কসমূহের ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে। বিক্রিয়া সম্মুখদিকে অগ্রসর হতে থাকলে অর্থাৎ বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ সৃষ্টি হতে থাকলে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা কমতে শুরু করে; অপরদিকে উৎপাদের ঘনমাত্রা বাড়তে থাকে। তাই সময়ের সাথে বিক্রিয়ক অথবা উৎপাদের ঘনমাত্রাকে আলেখিত (plotting) করলে চিত্র–১৩.১ এর মত লেখচিত্র পাওয়া যায়।




চিত্র ১৩.১ ঃ সময়ের সাথে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন।

লেখচিত্রে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখা থেকে জানা যায়, $(t_2 - t_1) = \Delta t$ সময়ের ব্যবধানে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা পরিবর্তিত হয় $= (c_2 - c_1) = -\Delta c$

http://pdfcorner.com

∴ বিক্রিয়ার গড় গতিবেগ $= \frac{(c_2 - c_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{-\Delta c}{\Delta t}$। অতি ক্ষুদ্র সময়ের ক্ষেত্রে এ মান $\frac{-dc}{dt}$ এর সমান।

আবার নির্দিষ্ট $t_2$ সময়ের পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখার নির্দিষ্ট বিন্দুতে একটি স্পর্শক টানলে ঐ সরলরেখার ঢালের মান $\frac{-dc}{dt}$ হবে এবং তা $t_2$ সময়ে বিক্রিয়ার হারের সমান হবে। অনুরূপভাবে উৎপাদের বক্ররেখার উপর কোন বিন্দুতে স্পর্শক রেখা টেনে ঐ রেখার ঢালের মান $\frac{dx}{dt}$ পাওয়া যাবে। লেখচিত্র থেকে আরো বোঝা যায় শুরুর দিকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বেশি থাকবে এবং সময়ের বৃদ্ধির সাথে এ হার কমতে শুরু করবে। অর্থাৎ যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার নির্দিষ্ট নয় বরং সময়ের বিপরীতে মোলার ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

### গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ১। ইথাইল অ্যাসিটেট এস্টারকে লঘু এসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে 1.00 ঘণ্টা সময়ের পর ঐ এস্টারের ঘনমাত্রা 1.0 $molL^{-1}$ থেকে হ্রাস পেয়ে 0.50 $molL^{-1}$ হয়। এ সময়ের ব্যবধানে বিক্রিয়াটির গড় গতিবেগ বের কর।**

**সমাধান ঃ** বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার পরিবর্তন $\Delta c = (0.50 - 1.00)\ molL^{-1} = -0.50\ molL^{-1}$

ঘনমাত্রা পরিবর্তনের মোট সময়, $\Delta t = 1.0 \times 60 \times 60\ s$

∴ বিক্রিয়ার গড় গতিবেগ $= \frac{-\Delta c}{\Delta t} = \frac{-(-0.50\ molL^{-1})}{1.0 \times 60 \times 60 s}$

$= 1.39 \times 10^{-4} molL^{-1}s^{-1}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ ২। KI এর দ্রবণে কোন নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার $H_2O_2$ দ্রবণ যোগ করলে 10 সেকেন্ডে $10^{-5}$ $molL^{-1}$ আয়োডিন মুক্ত হয়। আয়োডিন উৎপন্ন হওয়ার এ বিক্রিয়াটির গড় গতিবেগ বের কর।**

**সমাধান ঃ** বিক্রিয়ার শুরুতে আয়োডিনের ঘনমাত্রা $= 0\ molL^{-1}$

10 সেকেন্ড পর আয়োডিনের ঘনমাত্রা $= 10^{-5}\ molL^{-1}$

উৎপন্ন পদার্থের ঘনমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta x = 10^{-5}\ molL^{-1}$

ঘনমাত্রা পরিবর্তনের মোট সময়, $\Delta t = 10\ s$

∴ বিক্রিয়ার গড় গতিবেগ $= \frac{10^{-5}\ molL^{-1}}{10\ s} = 10^{-6}\ molL^{-1}s^{-1}$ **(উত্তর)**

## ১৩·৩। বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের বিভিন্ন পরীক্ষামূলক পদ্ধতি
## Experimental Methods of Determination of Rate of Reaction

কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার হার মাপার প্রথম ধাপ হচ্ছে থার্মোস্ট্যাট ব্যবহার করে একটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিক্রিয়কসমূহের জ্ঞাত পরিমাণ একটি বিক্রিয়া ফ্লাস্কে মিশিয়ে তারপর বিক্রিয়ার গতি পর্যবেক্ষণ করা। যেহেতু বিক্রিয়ার সমীকরণ জানা থাকে, যে কোন বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন মেপে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়। যে সব বিক্রিয়া কয়েক মিনিট হতে কয়েক ঘণ্টার মধ্যে সম্পন্ন হয়, সে সব ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত পদ্ধতিসমূহের যে কোন একটি ব্যবহার করে বিভিন্ন সময়ে বিক্রিয়া মিশ্রণে কোন বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রা মেপে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা হয়।

বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলোকে নিম্নোক্ত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন–

**(ক) রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ** (১) টাইট্রেশন পদ্ধতি।

**(খ) ভৌত পদ্ধতিসমূহ ঃ** (১) গ্যাসের আয়তন মাপন পদ্ধতি; (২) গ্যাসের চাপ পরিবর্তন মাপন পদ্ধতি; (৩) বর্ণের পরিবর্তন মাপন পদ্ধতি; (৪) পরিবাহিতা মাপন পদ্ধতি ও (৫) শোষণ বর্ণালী পরিবর্তন মাপন পদ্ধতি।

http://pdfcorner.com

**(ক) রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ** এ পদ্ধতিতে বিক্রিয়া শুরুর পর হতে বিভিন্ন সুবিধাজনক সময়ে বিক্রিয়া মিশ্রণ হতে জ্ঞাত আয়তন বের করে নিয়ে দ্রুত বরফ পানিতে যোগ করা হয়, যেন বিক্রিয়া বন্ধ বা অন্ততপক্ষে খুবই ধীরগতি হয়ে পড়ে। এরপর টাইট্রেশন করে বিক্রিয়া মিশ্রণে বিক্রিয়ক অথবা উৎপাদ যে কোন একটির পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি}}{\text{ব্যয়িত মোট সময়}} ;$$

যেমন, মিথাইল অ্যাসিটেট এস্টারের অম্লীয় আর্দ্র বিশ্লেষণ বা ইথাইল অ্যাসিটেট এস্টারের ক্ষারীয় আর্দ্র বিশ্লেষণের বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ে এ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3CO\text{-}OCH_3} + \underset{\text{পানি}}{HO\text{-}H} \xrightarrow{H^+} \underset{\text{অ্যাসিটিক এসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH}$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3CO\text{-}OC_2H_5} + NaO\text{-}H \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH}$$

**পরীক্ষার বর্ণনা ঃ** নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার এস্টার ও ক্ষার দ্রবণকে পৃথকভাবে একটি থার্মোস্ট্যাটের স্থির তাপমাত্রায় রাখা হয়। এরপর স্থির তাপমাত্রায় ঐ দুটি দ্রবণকে মিশ্রিত করা হয় এবং মিশ্রিত করার কালে সময় রেকর্ড করা হয়। পাঁচ মিনিট পর পর একটি পিপেটের সাহায্যে বিক্রিয়া মিশ্রণের একটি নির্দিষ্ট আয়তন যেমন 5 mL করে তুলে নিয়ে প্রায় পাঁচ গুণ আয়তনের বরফ শীতল পানিতে যোগ করা হয়। এরূপে লঘুকরণ ও 0°C তাপমাত্রায় শীতলকরণের ফলে আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়াটি প্রায় থেমে যায়। এবার মিশ্রণটিতে ২ ফোঁটা ফেনলফথ্যালিন নির্দেশক যোগ করে মিশ্রণের অবশিষ্ট NaOH দ্রবণের পরিমাণ প্রমাণ HCl দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করে নির্ণয় করা হয়। এরূপে ৫ মিনিট পর পর একই নিয়মে ৪–৫ বার এ পরীক্ষা করা হয় এবং NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা পরিবর্তনের হার থেকে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়।

**(খ) ভৌত পদ্ধতিসমূহ ঃ**

**(১) উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন মাপন পদ্ধতি ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি উৎপাদ গ্যাস হলে এবং গ্যাসের আয়তন বিক্রিয়ার পরিমাণের সমানুপাতিক বলে গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করে বিক্রিয়াটির হার নির্ণয় করা যায়।

$$\text{অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি}}{\text{প্রয়োজনীয় মোট সময়}} ;$$

ধাতু ও লঘু এসিডের বিক্রিয়াসমূহ এবং $H_2O_2$ এর বিযোজন বিক্রিয়ার হার এরূপে নির্ণয় করা যায়।

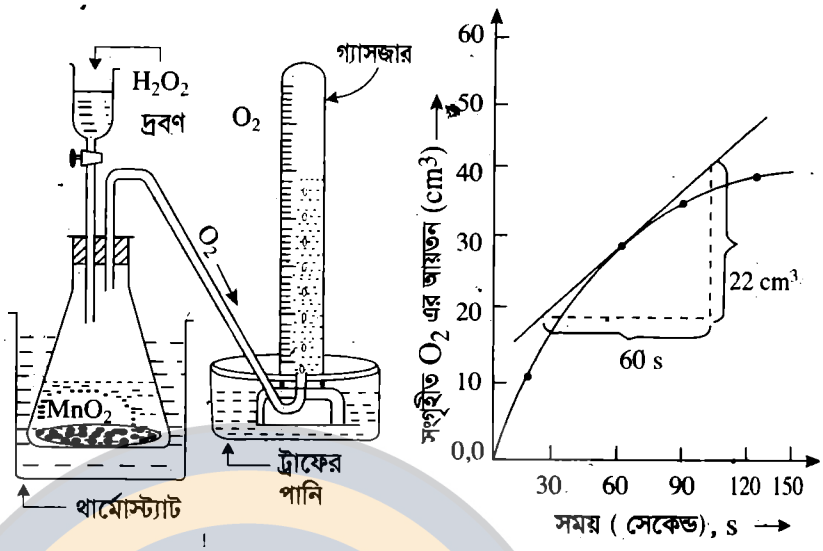
যেমন $MnO_2$ প্রভাবকের উপস্থিতিতে $H_2O_2$ দ্রবণে $H_2O_2$ উল্লেখযোগ্য হারে বিযোজিত হয়ে পানি ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। তাই নির্দিষ্ট সময়ে কী পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় তা দাগকাটা গ্যাসজারে সঞ্চিত অক্সিজেনের আয়তন থেকে জানা যায়।

$$2H_2O_2\,(aq) \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$$

**পরীক্ষার বর্ণনা ঃ** থার্মোস্ট্যাটে রাখা একটি কনিকেল ফ্লাস্কে $MnO_2$ এর গুঁড়া অল্প পরিমাণে নেয়া হয়। এর পর ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে বিন্দুপাতি ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করে বায়ুরোধী করা হয়। নির্গম নলটিকে ট্রাফের পানিতে উপুড় করে রাখা পানিভর্তি দাগকাটা গ্যাসজারের মুখে ঢুকানো হয়। এখন বিন্দুপাতি ফানেলের সাহায্যে 25 mL পরিমাণ ২০–আয়তন $H_2O_2$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। সাথে সাথে স্টপ–ওয়াচ চালু করা হয়। উৎপন্ন অক্সিজেন গ্যাস–জারে পানির নিম্নমুখী অপসারণে ধীরে ধীরে জমা হয়।

http://pdfcorner.com

প্রতি 10 সেকেন্ড পর পর নির্গত অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন গ্যাসজার থেকে রেকর্ড করা হয়। এখন X-অক্ষ রেখা বরাবর সময় (সেকেন্ড) ধরে Y-অক্ষ বরাবর উৎপন্ন অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন ($cm^3$) ধরে বিভিন্ন সময় পর সংগৃহীত অক্সিজেনের আয়তনকে প্লটিং বা বিন্দু স্থাপন করে প্রাপ্ত লেখচিত্র একটি বক্ররেখা হয়। এখন ঐ বক্ররেখার উপর কোন বিন্দুতে আঁকা স্পর্শকের ঢাল হবে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (২০-আয়তন) এর বিযোজন হারের সমান। সুতরাং লেখচিত্র মতে জানা যায়-




চিত্র ১৩.২ ঃ বিক্রিয়ার হার নির্ণয়।

$$\text{বিক্রিয়ার হার} = \text{স্পর্শকের ঢাল} = \frac{22\ cm^3}{60\ s} = 0.367\ cm^3\ s^{-1}$$

**(২) চাপের পরিবর্তন মাপন ঃ** যদি কোন বিক্রিয়া গ্যাসীয় মাধ্যমে চালানো হয় এবং বিক্রিয়ায় অণু সংখ্যার পরিবর্তন হয়, তবে নির্দিষ্ট আয়তনে বিক্রিয়া চলাকালীন চাপের পরিবর্তন হয়। বিক্রিয়ার সময়কালে বিভিন্ন সময়ে চাপ মেপে এ ধরনের বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়। উদাহরণস্বরূপ উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ইথান্যালের বিযোজন বিক্রিয়ার হার এ পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয়।

$$CH_3CHO(g) \xrightarrow{\Delta} CH_4(g) + CO(g)$$

**(৩) বর্ণের পরিবর্তন মাপন পদ্ধতি ঃ** কোন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বর্ণহীন পদার্থ থেকে যদি রঙিন পদার্থ উৎপন্ন হয় অথবা রঙিন বিক্রিয়ক পদার্থ থেকে বর্ণহীন উৎপাদ সৃষ্টি হয়, তখন পদার্থের বর্ণের মাত্রা পরিমাপ করে বিক্রিয়ার গতিবেগ নির্ণয় করা যায়। বর্ণের মাত্রা পরিমাপক রূপে 'বর্ণমাপক যন্ত্র' অথবা বর্ণালী আলোক মাপক (spectrophotometer) ব্যবহৃত হয়। যেমন,

(i) এসিড মিশ্রিত সোডিয়াম ব্রোমেটের দ্রবণে KI দ্রবণ যোগ করলে আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

$$NaBrO_3 + 6KI + 6HCl \longrightarrow 3I_2 + NaBr + 6KCl + 3H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়োডিন দ্রবণে কয়েক ফোঁটা স্টার্চ দ্রবণ যোগ করলে নীল বর্ণ সৃষ্টি হয়। দ্রবণের নীল বর্ণের মাত্রা 'বর্ণমাপক যন্ত্র' দ্বারা নির্ণয় করা হয়। বর্ণের মাত্রা থেকে আয়োডিনের ঘনমাত্রা এবং তা থেকে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়।

(ii) সোডিয়াম ক্লোরেট (I) এর বর্ণহীন দ্রবণে বর্ণহীন KI দ্রবণ যোগ করলে রঙিন আয়োডেট (I) আয়ন প্রায় 400 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি শোষণ করে।

$$\underset{\text{ক্লোরেট (I) আয়ন (বর্ণহীন)}}{ClO^-(aq)} + \underset{\text{আয়োডাইড (বর্ণহীন)}}{I^-(aq)} \longrightarrow \underset{\text{আয়োডেট (রঙিন)}}{IO^-(aq)} + \underset{\text{ক্লোরাইড (বর্ণহীন)}}{Cl^-(aq)}$$

এক্ষেত্রে আলোক শোষণের মাত্রা $IO^-$ আয়নের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক। সুতরাং আলোক শোষণের মাত্রা থেকে আয়োডেট (I) আয়ন $IO^-$ এর ঘনমাত্রা এবং তা থেকে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়।

http://pdfcorner.com

**(৪) পরিবাহিতা মাপন পদ্ধতি ঃ** যদি কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া মিশ্রণের তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবর্তিত হয়, তবে এ পদ্ধতি খুবই কার্যকর। উদাহরণস্বরূপ ইথাইল অ্যাসিটেটের ক্ষারীয় আর্দ্র বিশ্লেষণের সময় উচ্চ পরিবাহিতা বিশিষ্ট হাইড্রোক্সাইড আয়ন নিঃশেষিত হয়, তার স্থলে অনেক কম পরিবাহিতা বিশিষ্ট অ্যাসিটেট আয়ন উৎপন্ন হয়। ফলে যত বিক্রিয়া চলে বিক্রিয়া মিশ্রণের তড়িৎ পরিবাহিতা ততই হ্রাস পায়। সুতরাং বিভিন্ন সময়ে বিক্রিয়া মিশ্রণের তড়িৎ পরিবাহিতা মেপে এ ধরনের বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়।

$$CH_3COOC_2H_5 + (Na^+ + OH^-) \longrightarrow (CH_3COO^- + Na^+) + C_2H_5OH$$

## ১৩.৪। বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামকসমূহ
## Factors that influence the Rate of a Reaction

রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার নিম্নোক্ত নিয়ামকের উপর নির্ভর করে। যেমন;

(১) বিক্রিয়কের প্রকৃতি (Nature of Reactants);
(২) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা (Concentration of the Reactants) ;
(৩) তাপমাত্রা (Temperature) ;
(৪) চাপমাত্রা (Pressure) ;
(৫) বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল (Surface area of the Reactants)
(৬) প্রভাবক (Catalyst) ও
(৭) আলোর উপস্থিতি (Presence of light.)

**(১) বিক্রিয়কের প্রকৃতি ঃ** বিভিন্ন বিক্রিয়ার হার বিভিন্ন। এর দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, ভিন্ন ভিন্ন বিক্রিয়কের ভিন্ন ভিন্ন বৈশিষ্ট্য আছে এবং সে কারণেই বিক্রিয়ার হার বিভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন, একই অবস্থাধীনে চিনির আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার হার কখনো মিথাইল অ্যাসিটেটের আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার হার সমান হয় না।

$$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6} \quad \text{..... [ বিক্রিয়ার হার কম ]}$$

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOCH_3} + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3COOH + \underset{\text{অ্যাসিটিক এসিড}}{} \quad \underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} \text{ .....[ হার বেশি ]}$$

**(২) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা ঃ** ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে কোন বিক্রিয়ার হার এর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক, সময় অতিক্রমের সাথে সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস ঘটে। তাই সময় অতিক্রান্ত হবার সাথে সাথে বিক্রিয়ার হারও হ্রাস পায়।

আবার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধি পায়। যেমন সোডিয়াম থায়োসালফেট ও HCl এসিডের মধ্যে বিক্রিয়াটির যে কোন একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে প্রতি ক্ষেত্রে সালফারের অধঃক্ষেপণ হার বৃদ্ধি পায়।

$$Na_2S_2O_3\,(aq) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow S(s) + 2NaCl\,(aq) + H_2O(l) + SO_2(g)$$

**(৩) তাপমাত্রা ঃ** সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়। যেমন, সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$) এবং HCl এসিডের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায় 20°C তাপমাত্রায় সালফারের অধঃক্ষেপণ হার যত হয়; 30°C তাপমাত্রায় সালফারের অধঃক্ষেপণ হার দ্বিগুণের বেশি হয়।

$$Na_2S_2O_3\,(aq) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow S(s) + 2NaCl\,(aq) + H_2O\,(l) + SO_2(g)$$

## ১৩.৪(৩ক)। বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ও এর ব্যাখ্যা
## Influence of Temperature on Reaction Rate and Its Explanation

বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব যথেষ্ট। ১৮৮৯ খ্রিস্টাব্দে প্রখ্যাত বিজ্ঞানী এস. অ্যারহেনিয়াস (S. Arrhenius) সর্বপ্রথম বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব অনুধাবন করেন। তিনি প্রমাণ করেন যে, সাধারণভাবে 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রায় সব বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ বা তিনগুণ বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হল–

(i) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ক অণু বা আয়নগুলোর গতিবেগ বৃদ্ধি পায়।

(ii) অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের হার বৃদ্ধি পায়।

(iii) অধিকতর সংখ্যক অণু বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে থাকে।

http://pdfcorner.com

বিজ্ঞানী অ্যারহেনিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সক্রিয়ণ শক্তি ও বিক্রিয়ার হারের বৃদ্ধি প্রকাশক একটি গাণিতিক সমীকরণ উদ্ভাবন করেন; এটি **অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ** নামে পরিচিত। অ্যারহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ ঃ

$$k = p . Z . e^{-E_a/RT}$$

| rate Constant | steric factor | collision rate | fraction of molecules with activated energy to react |
|---|---|---|---|
| হার ধ্রুবক | স্থানিক দিক বিন্যাস | সংঘর্ষ হার | সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোটঅণুর ভগ্নাংশ |

আবার $p \times Z$ এ দুটি রাশিকে একত্রে A প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তখন A কে বলা হয় অ্যারহেনিয়াস ফ্যাক্টর এবং অ্যারহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়–

$k = A. e^{-E_a/RT}$ এখানে, $E_a$ = বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি।

R = সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, T = কেলভিন তাপমাত্রা

অ্যারহেনিয়াস সমীকরণের উভয় পার্শ্বে লগ নিয়ে পাওয়া যায়–

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad \text{বা, } 2.303 \log k = 2.303 \log A - \frac{Ea}{RT} \ldots\ldots \quad (১)$$

$$\text{বা, } 2.303 \log k = 2.303 \left(\log A - \frac{Ea}{2.303\ RT}\right) \quad \text{বা, } \log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \times \frac{1}{T}$$

$T_1$ ও $T_2$ তাপমাত্রায় যদি বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক যথাক্রমে $k_1$ ও $k_2$ হয়; তবে সমীকরণ (১) থেকে পাই,

$$\log \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{2.303\ R} \times \left[\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2}\right] \quad \ldots \quad (২)$$

**(ক) দুই ভিন্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া হারের তুলনা ঃ** কোন বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি জানা থাকলে 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ হয়, তা অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ থেকে প্রমাণ করা যায়। যেমন,

**উদাহরণ ১ ঃ** মনে করি, কোন বিক্রিয়ার অণুসমূহের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি, $E_a$= 50 $kJmol^{-1}$

বা, 50 ,000$Jmol^{-1}$ ।

সুতরাং অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ মতে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে 300 K তাপমাত্রায় 50 $kJmol^{-1}$ সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ ($e^{-E_a/RT}$) নিম্নরূপে হিসাব করা যায় ঃ

$$e^{-E_a/RT} = e^{\frac{-50,000}{8.3 \times 300}} = e^{-20.08} = 1.90 \times 10^{-9} \quad \frac{19}{10^{10}}$$

অর্থাৎ 300 K তাপমাত্রায় $10^{10}$টি অণুর মধ্যে কেবলমাত্র 19টি অণু ঐ পরিমাণ সক্রিয়ণ শক্তি পেয়ে বিক্রিয়ায় অংশ নেয়।

আবার 310 K তাপমাত্রায় একই বিক্রিয়ায় ঐ একই সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ হল ঃ

$$e^{-E_a/RT} = e^{\frac{-50,000}{8.3 \times 310}} = e^{-19.48} = 3.63 \times 10^{-9} = \frac{36.3}{10^{10}}$$

অর্থাৎ 310 K তাপমাত্রায় $10^{10}$টি অণুর মধ্যে কেবলমাত্র 36টি অণু ঐ সক্রিয়ণ শক্তি পেয়ে বিক্রিয়ায় অংশ নেয়।

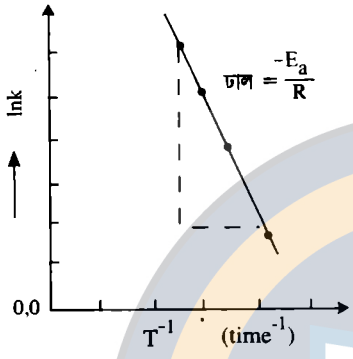
সুতরাং 10 K বা 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে একই বিক্রিয়ায় দ্বিগুণ সংখ্যক বিক্রিয়ক অণু সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ বৃদ্ধি করেছে।

**(খ) বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি নির্ণয় ঃ** অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ (২) থেকে দেখা যাচ্ছে যে, $T_1$ ও $T_2$ তাপমাত্রায় $k_1$ ও $k_2$ বিক্রিয়া হার জানা থাকলে তার সাহায্যে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি $E_a$ নির্ণয় করা যায়।

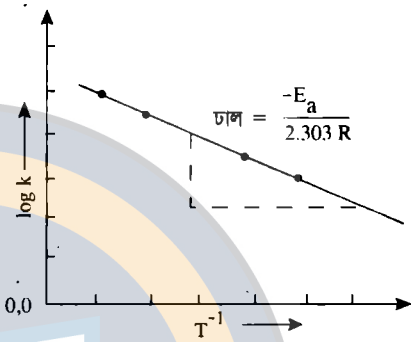


http://pdfcorner.com

সমীকরণ (১) থেকে এটি স্পষ্ট হয়, lnk বনাম $\frac{1}{T}$ এর লেখচিত্র আঁকলে চিত্র ১৩.৩ এর ন্যায় একটি সরলরেখা পাওয়া যাবে। সরলরেখার ঢাল হবে – $\frac{E_a}{R}$ । যদি log k এর বিপরীত $\frac{1}{T}$ বসিয়ে লেখচিত্র ১৩.৪ আঁকা যায়, তবে প্রাপ্ত সরলরেখা ঢাল হবে – $E_a/2.303R$। সুতরাং লেখচিত্র থেকেও সক্রিয়ণ শক্তি $E_a$ হিসাব করা যায়। অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ শুধু সমসত্ত্ব গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নয় বরং দ্রবণে সংঘটিত বিক্রিয়া কিংবা অসমসত্ত্ব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও এটি সমানভাবে প্রযোজ্য।




চিত্র ১৩.৩ ঃ lnk বনাম $T^{-1}$ লেখচিত্র।




চিত্র ১৩.৪ ঃ logk বনাম $T^{-1}$ লেখচিত্র ।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সক্রিয়ণ শক্তি সম্পন্ন অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সক্রিয়ণ শক্তি সম্পন্ন অণুগুলো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

## ১৩·৪(৪)। বিক্রিয়ার হারের উপর চাপের প্রভাব
## Effect of Pressure on the Rate of a Reaction

গ্যাসীয় মাধ্যমে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধি করলে তখন গ্যাসের আয়তন সঙ্কুচিত হয়। এতে অল্প আয়তনে তুলনামূলকভাবে বেশি সংখ্যক গ্যাসীয় অণু থাকে। ফলে পদার্থের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ঘনমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের মাত্রা বৃদ্ধি পায়। তাই বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

হেবার সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাসের উৎপাদন সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$N_2\ (g) + 3\ H_2\ (g) \rightleftharpoons 2NH_3\ (g)$$

$\therefore k = \frac{P_{NH_3}^{\ 2}}{P_{N_2} \times P_{H_2}^{\ 3}}$, এখানে $P_{NH_3}$, $P_{N_2}$, $P_{H_2}$ হল সংশ্লিষ্ট উপাদানের আংশিক চাপ [সাম্যাবস্থায়]

মনে করি, সাম্যাবস্থায় তাদের মোল ভগ্নাংশ হল $x_{NH_3}$, $x_{N_2}$, $x_{H_2}$ এবং মোট চাপ হল P; তখন প্রত্যেকের আংশিক চাপ = মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ,

$\therefore P_{N_2} = x_{N_2} \times P;\quad P_{H_2} = x_{H_2} \times P;\quad P_{NH_3} = x_{NH_3} \times P;$

$\therefore k_p = \frac{(x_{NH_3} \times P)^2}{x_{N_2} \times P\ (x_{H_2} \times P)^3} = \frac{x_{NH_3}^2}{x_{N_2} \times x_{H_2} \times P^2}$

অর্থাৎ $k_p$ এর একক হল $P^{-2}$ যেমন $atm^{-2}$ বা, $N^{-2}\ m^4$

যেহেতু $k_p$ হল ধ্রুবক; তাই চাপ (P) বৃদ্ধির সাথে অ্যামোনিয়ার মোল ভগ্নাংশ $x_{NH_3}$ অবশ্যই বৃদ্ধি পেতে হবে এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মোল ভগ্নাংশ $x_{N_2}$ ও $x_{H_2}$ হ্রাস পেতে হবে। সুতরাং চাপমাত্রা যতই বৃদ্ধি করা হবে, অ্যামোনিয়া গ্যাসের উৎপাদন তত বৃদ্ধি পাবে।

http://pdfcorner.com

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ৩। নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইডের বিযোজন হার ধ্রুবকের মান 25°C ও 65°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে $3.46 \times 10^{-5}$ ও $4.87 \times 10^{-3}$ । এ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মান কত হবে? (R = 8.314 J)**

**সমাধান ঃ** আমরা জানি,

$$\log\frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right)$$

এখানে, $T_1 = 25°C = (273 + 25)\ K = 298\ K$

$T_2 = 65°C = (273 + 65)\ K = 338\ K$

$k_1 = 3.46 \times 10^{-5}$

এবং $k_2 = 4.87 \times 10^{-3}$

বা, $\log\frac{4.87 \times 10^{-3}}{3.46 \times 10^{-5}} = \frac{E_a}{2.303 \times 8.314}\left(\frac{338 - 298}{298 \times 338}\right)$ [ মানসমূহ বসিয়ে ]

বা, $\log 1.407 \times 10^2 = \frac{E_a}{19.147} \cdot \frac{40}{1.007 \times 10^5}$

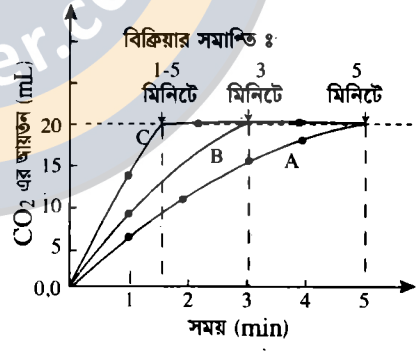
বা, $2.1482 = E_a \times 2.07459 \times 10^{-5}$

বা, $E_a = \frac{2.1482}{2.07459 \times 10^{-5}} = 10.3549 \times 10^4\ J = 103.549\ kJ$ **(উত্তর)**

**(৫) বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল ঃ** কঠিন বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল যত বৃদ্ধি পাবে বিক্রিয়ার হারও তত বৃদ্ধি পাবে। যেহেতু কণার আকার ক্ষুদ্র হলে এর পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়, তাই ক্ষুদ্র কণাবিশিষ্ট বিক্রিয়কের বিক্রিয়ার হার বৃহৎ কণাবিশিষ্ট বিক্রিয়কের বিক্রিয়ার হার অপেক্ষা অধিক হবে। যেমন, একই ভরের বড় টুকরার চুনাপাথর ও ছোট টুকরার চুনাপাথরের উপর সমপরিমাণ 1M HCl দ্রবণ যোগ করলে দেখা যায় ছোট টুকরার চুনাপাথরের সাথে HCl-এর বিক্রিয়ায় একই সময়ে অধিক $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow CaCl_2\ (aq) + \boxed{CO_2\ (g)} + H_2O\ (l)$$

**পরীক্ষা ঃ** তিনটি ফ্লাস্কে বড় টুকরার, মাঝারি টুকরার ও ছোট টুকরার চুনাপাথর সমপরিমাণ ওজন করে নেওয়া হয়। এবার প্রতিটি ফ্লাস্কে কর্কের সাহায্যে থিসেল ফানেল ও নির্গম নল যোগ করা হয় এবং এদের মধ্যে সমপরিমাণ 1M HCl দ্রবণ যোগ করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে নির্গত $CO_2$ গ্যাসকে দাগকাটা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়। ১ মিনিট পর পর উৎপন্ন $CO_2$ এর মোট আয়তন পরিমাপ করে রেকর্ড করা হয়। এবার $CO_2$ গ্যাসের আয়তন (mL) কে Y-অক্ষ ও সময় (min) X-অক্ষ বরাবর ধরে লেখচিত্র ১৩.৫ অঙ্কন করা হল। লেখচিত্রে রেখা A বড় আকারের, রেখা B মাঝারি আকারের ও রেখা C ছোট আকারের চুনাপাথর ($CaCO_3$) এর জন্য পাওয়া গেল।




লেখচিত্র ১৩.৫ ঃ $CO_2$ উৎপাদন হারের উপর $CaCO_3$ টুকরার পৃষ্ঠতলের প্রভাব।

**পর্যবেক্ষণ ঃ** লেখচিত্র মতে দেখা যাচ্ছে, ছোট টুকরার $CaCO_3$ এর ক্ষেত্রে $CO_2$ অতি দ্রুত উৎপন্ন হয়েছে অর্থাৎ বিক্রিয়াটি 1.5 মিনিটে শেষ হয়েছে। মাঝারি ও বড় আকারের $CaCO_3$ ক্ষেত্রে $CO_2$ অপেক্ষাকৃত ধীরগতিতে উৎপন্ন হয়েছে। মাঝারি টুকরার বেলায় 3 মিনিট এবং বড় টুকরার বেলায় 5 মিনিটে বিক্রিয়াটি শেষ হয়েছে।

**সিদ্ধান্ত ও ব্যাখ্যা ঃ** ছোট আকারের $CaCO_3$ এর পৃষ্ঠতল সবচেয়ে বেশি এবং বড় আকারের চুনাপাথরের পৃষ্ঠতল সবচেয়ে কম। চুনাপাথরের পৃষ্ঠতল বৃদ্ধির ফলে বিক্রিয়ক HCl এর সংস্পর্শে আসার সুযোগ বেশি হয় এবং বিক্রিয়ার সুযোগও বেশি হয়। সুতরাং বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল বৃদ্ধির ফলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায় তা প্রমাণিত হল।

http://pdfcorner.com

**(৬) প্রভাবক ঃ** প্রভাবক বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি বা হ্রাস করে। যেমন, ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড মিশ্রিত পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে দ্রুত হারে অক্সিজেন নির্গত হয়। কিন্তু বিক্রিয়া শেষে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের কোনরূপ পরিবর্তন সাধিত হয় না। $MnO_2$ ছাড়া একই তাপমাত্রায় বিক্রিয়া অনেক ধীর গতির হয়।

**(৭) আলো ঃ** আলো এক প্রকার শক্তি; তাই আলোর প্রভাবে অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। আলোর প্রভাবে যে সব বিক্রিয়া ঘটে তাদেরকে **সালোক রাসায়নিক বিক্রিয়া** (photo chemical reaction) বলা হয়। এ সব ক্ষেত্রে আলোর প্রভাবে বিক্রিয়ক পদার্থের বন্ধন ভেঙে গিয়ে পরমাণু বা ফ্রি-রেডিক্যাল উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়া চলতে থাকে। যেমন, (i) অন্ধকারে $H_2$ গ্যাস ও $Cl_2$ গ্যাস কোন বিক্রিয়া করে না; কিন্তু আলোর উপস্থিতিতে $H_2$ এবং $Cl_2$ গ্যাস দ্রুতগতিতে বিক্রিয়া করে বলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং HCl গ্যাস উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে আলোর প্রভাবে ক্লোরিন অণু অধিক সক্রিয় ক্লোরিন পরমাণুতে পরিণত হয়। ফলে প্রবলভাবে বিক্রিয়া ঘটে।

$$Cl{\cdot\cdot}Cl \xrightarrow{h\theta} 2Cl\bullet$$

$$H_2 + Cl\bullet \longrightarrow HCl + H\bullet$$

$$H\bullet + Cl\bullet \longrightarrow HCl$$

(ii) আলোর ছটায় সিলভার লবণ যেমন AgBr বিযোজিত হয়ে কালো বর্ণের সিলভার কণা ও ব্রোমিন উৎপন্ন করে। এ বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে ফটোগ্রাফির ফিল্ম তৈরি করা হয়।

এক্ষেত্রে ব্রোমাইড আয়ন ($Br^-$) অথবা আয়োডাইড আয়ন ($I^-$) আলো শোষণ করে একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং ঐ ইলেকট্রন সিলভার আয়ন ($Ag^+$) গ্রহণ করে ধাতব সিলভারে বিজারিত হয়।

$$AgBr \xrightarrow{h\theta} Ag^+ + Br^-$$

$$Br^- \xrightarrow{h\theta} \frac{1}{2}Br_2 + e^-$$

$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag\,(s)$$

## ১৩.৫। বিক্রিয়ার হার সূত্র বা হার সমীকরণ

**Rate Law or Rate Equation**

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে। পরীক্ষা–পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে এক বা একাধিক বিক্রিয়ক বিশিষ্ট বিভিন্ন বিক্রিয়ার হারও বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক নির্ণয় করা হয়েছে। একে বিক্রিয়ার হার সূত্র বা হার সমীকরণ বলে। **বিক্রিয়ার হার সূত্রটি** নিম্নরূপ ঃ

**'বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার সমানুপাতিক এবং তা বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ঘাত রূপে আসে।**

দুটি সাধারণ বিক্রিয়া মতে,

$nA \longrightarrow$ উৎপাদ

$\therefore$ বিক্রিয়ার হার $\alpha\ [A]^n$

বা, $\frac{-dc}{dt} = \frac{dx}{dt} = k \times [A]^n$ .....(1)

$aA + bB \longrightarrow$ উৎপাদ

$\therefore$ বিক্রিয়ার হার $\alpha\ [A]^a \times [B]^b$

বা, বিক্রিয়ার হার $= k \times [A]^a \times [B]^b$ ....(2)

সমীকরণ (1) ও (2) হল **বিক্রিয়ার হার সমীকরণ** এবং k হল ধ্রুবক।

উল্লেখ্য বিক্রিয়ার হার সমীকরণটি বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা নির্ভরতা পরীক্ষার উপর ভিত্তি করে নির্ধারিত হয়। **সুতরাং পরীক্ষালব্ধ ফলাফল ভিত্তিক যে সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়ার হার বা বেগ ও বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সম্পর্ক প্রকাশ করা হয়, তাকে বিক্রিয়ার হার বা গতি সমীকরণ বলে।**

**উদাহরণ ঃ**

1. $H_2\,(g) + I_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} 2HI\,(g)$ — বিক্রিয়ার হার $= k \times [H_2] \times [I_2]$
2. $2N_2O_5\,(g) \xrightarrow{\Delta} 4NO_2\,(g) + O_2\,(g)$ — বিক্রিয়ার হার $= k \times [N_2O_5]$
3. $2NO\,(g) + 2H_2\,(g) \xrightarrow{\Delta} N_2\,(g) + 2H_2O\,(g)$ — বিক্রিয়ার হার $= k \times [NO]^2 \times [H_2]$

http://pdfcorner.com

আবার প্রতিটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা 1 মোলার হলে, তখন বিক্রিয়ার হার = $k \times 1 \times 1 = k$, অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার = বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক। সুতরাং **এক মোলার ঘনমাত্রার কোন বিক্রিয়কের বিক্রিয়ার হারকে সে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বলা হয়। একে আপেক্ষিক বিক্রিয়ার হারও বলে।**

## ১৩.৫.১ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক
### Rate Constant of a Reaction

**সংজ্ঞা ঃ কোন বিক্রিয়ার প্রতিটি বিক্রিয়ক এক মোলার ঘনমাত্রায় থাকলে তখন বিক্রিয়ার গতিবেগকে বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবক বা হার ধ্রুবক বলা হয়।** তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধি পায়; তাই বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মানও বৃদ্ধি পায়। একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন বিক্রিয়ার জন্য k এর মান বিভিন্ন হয়।

ধরা যাক, একটি সাধারণ বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক হল 'm' mol A ও 'n' mol B; তখন আমরা লিখতে পারি–

$$mA + nB \longrightarrow \text{উৎপাদ}$$

এক্ষেত্রে A এর মোলার ঘনমাত্রা হল [ A ] এবং B এর মোলার ঘনমাত্রা [ B ] । পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার ঘাতের সমানুপাতিক অর্থাৎ $[A]^m$ এবং $[B]^n$ এর সমানুপাতিক।

$\therefore$ বিক্রিয়ার গতিবেগ $\propto [A]^m \times [B]^n$

বা, বিক্রিয়ার গতিবেগ = $k \times [A]^m \times [B]^n$ এখানে k একটি ধ্রুবক।

এখন প্রতিটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা এক মোলার হলে, $[A] = [B] = 1\ molL^{-1}$ হয় এবং বিক্রিয়ার গতিবেগ = $k \times 1 = k$ হয়। তখন k ধ্রুবকটিকে **বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বা গতি ধ্রুবক বলা হয়।**

## ১৩.৫.২ মৌলিক বিক্রিয়া ও সার্বিক বিক্রিয়া ঃ
### Elementary & Complex Reactions

**মৌলিক বিক্রিয়া ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া এক বা একাধিক ধাপে ঘটতে পারে। এক ধাপে সম্পন্ন হওয়া বিক্রিয়াকে **মৌলিক বিক্রিয়া** বলা হয়। মৌলিক বিক্রিয়াগুলো বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্ব নির্ণয়ে ভূমিকা রাখে।

যেমন, অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডের জারণ বিক্রিয়াটি একটি মৌলিক বিক্রিয়া।

$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$$

বিক্রিয়াটির পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত ক্রম = 3 এবং বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে জানা যায় এর আণবিকত্ব 3।

**সার্বিক বিক্রিয়া ঃ** একাধিক ধাপে সংঘটিত বিক্রিয়ার প্রতিটি ধাপকে মৌলিক বিক্রিয়া এবং ধাপগুলোর সমষ্টিকে **সার্বিক বিক্রিয়া** বলা হয়। যেমন, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়াটি 227°C বা, 500 K তাপমাত্রার নিচে নিম্নোক্ত দু'ধাপে ঘটে। এক্ষেত্রে $NO_2(g)$ ও $CO(g)$ এর মধ্যে বিক্রিয়াটি সার্বিক বিক্রিয়া।

$NO_2(g) + NO_2(g) \longrightarrow NO_3(g) + NO(g)$ (মৌলিক)

$NO_3(g) + CO(g) \longrightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$ (মৌলিক বিক্রিয়া)

$NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$ (সার্বিক বিক্রিয়া)

## ১৩.৬। আণবিকত্ব ও বিক্রিয়ার ক্রম
### Molecularity & Order of a Reaction

বিক্রিয়ার হার অধ্যয়নে বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্ব দুটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। তাই সঙ্গত কারণেই বিক্রিয়ার হার আলোচনায় বিক্রিয়াগুলোকে ক্রম ও আণবিকত্বের ভিত্তিতে শ্রেণীবদ্ধ করা হয়ে থাকে।

**(ক) আণবিকত্ব ঃ সংজ্ঞা ঃ কোন মৌলিক রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে, বিক্রিয়ায় যতটি বিক্রিয়ক অণু, পরমাণু বা আয়ন অংশ নেয় তার সংখ্যাকে উক্ত বিক্রিয়ার আণবিকত্ব বলা হয়।**

**উদাহরণ ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কের অণুর সংখ্যা এক হলে তাকে এক-আণবিক; অণুর সংখ্যা দুই হলে তাকে দ্বি-আণবিক; অণুর সংখ্যা তিন হলে তাকে ত্রি-আণবিক ইত্যাদি বলা হয়। যেমন,

(i) $PCl_5 \xrightarrow{\Delta} PCl_3 + Cl_2$ (এক-আণবিক)

http://pdfcorner.com

(ii) $H_2 + I_2 \xrightarrow{\Delta} 2HI$ (দ্বি-আণবিক)

(iii) $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ (ত্রি-আণবিক)

উপরোক্ত (i) নং বিক্রিয়ায় যেহেতু একটি মাত্র বিক্রিয়ক অণু ($PCl_5$) অংশ নিয়েছে, তাই এটি একটি এক-আণবিক বিক্রিয়া। আবার (ii) নং ও (iii) নং বিক্রিয়ায় যেহেতু যথাক্রমে দুটি ও তিনটি বিক্রিয়ক অণু বিক্রিয়ায় অংশ নিয়েছে, তাই এগুলো হল যথাক্রমে দ্বি–আণবিক ও ত্রি-আণবিক বিক্রিয়া।

উল্লেখ্য সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণ সব ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার আণবিকত্ব প্রকাশ করে না; এক্ষেত্রে মৌলিক বিক্রিয়াটি ভূমিকা রাখে। যেমন, নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইড বিযোজন বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ হল ঃ $2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$। কিন্তু প্রাথমিকভাবে 1 মোল অণু $N_2O_5$ বিযোজিত হয়ে $\frac{1}{2}$ মোল অণু $O_2$ উৎপন্ন হয়। যেমন, $N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$। তাই এ বিক্রিয়াটি একটি এক–আণবিক বিক্রিয়া।

**(খ) বিক্রিয়ার ক্রম (Order of Reaction) ঃ সংজ্ঞা ঃ কোন বিক্রিয়ার পরীক্ষালব্ধ গতি বেগ বা হার ঐ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কের যে সব ঘনমাত্রা পদের সমানুপাতিক, তাদের ঘাতের সমষ্টিকে উক্ত বিক্রিয়ার ক্রম বলা হয়।**

**গাণিতিক প্রকাশ ঃ** ধরি একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ $aA + bB \longrightarrow$ উৎপাদ

যদি বিক্রিয়ক A এবং B এর মোলার ঘনমাত্রা $C_A$ এবং $C_B$ হয়; তখন –

বিক্রিয়াটির হার, $r \propto C_A^{\ a} \times C_B^{\ b}$ হয়।

যখন A এর আপেক্ষিকে বিক্রিয়াটির ক্রম = a; এবং B এর আপেক্ষিকে বিক্রিয়াটির ক্রম = b হয়; তখন বিক্রিয়াটির মোট ক্রম, n = (a + b) হবে। আবার যদি বিক্রিয়াটির হার, $r \propto C_A^{\ a}$ হয়, অর্থাৎ বিক্রিয়াটি B এর ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না, তবে এ বিক্রিয়ার ক্রম = a হবে।

সুতরাং বিক্রিয়ার ক্রমের সাধারণ সমীকরণ হল, $-\frac{dC}{dt} = kC^n$

**উদাহরণ ঃ** পরীক্ষা মতে, HI এর বিযোজন বিক্রিয়ার হার HI এর মোলার ঘনমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $\frac{-dC}{dt} = kC^2_{HI}$ ∴ বিক্রিয়াটির ক্রম হল 2।

**(গ) বিক্রিয়ার বিভিন্ন ক্রম ঃ** বিক্রিয়ার হার সমীকরণ মতে, (a+ b) এর মান 1, 2, 3 অথবা শূন্য হতে পারে। তাই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা নির্ভর বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ মতে নিম্নোক্ত চার শ্রেণীতে চার শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যেমন,

(১) শূন্য ক্রম বিক্রিয়া, (খ) ১ম ক্রম বিক্রিয়া, (৩) ২য় ক্রম বিক্রিয়া ও (৪) ৩য় ক্রম বিক্রিয়া।

**উদাহরণ ঃ**

(i) সালোক সংশ্লেষণ বিক্রিয়া ঃ

$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

এক্ষেত্রে হার সমীকরণ ঃ

$r = k \times [H_2]^0 \times [Cl_2]^0$

∴ বিক্রিয়ার ক্রম, n = (a + b) = (0 + 0) = 0

(ii) $N_2O_5$ এর বিযোজন বিক্রিয়া ঃ

$N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$

এক্ষেত্রে হার সমীকরণ, $r = k \times [N_2O_5]$

∴ বিক্রিয়ার ক্রম, n = (a+b) = (1+ 0) = 1

(iii) HI সংশ্লেষণ বিক্রিয়া ঃ

$H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$

হার সমীকরণ, $r = k \times [H_2] \times [I_2]$

∴ বিক্রিয়ার ক্রম, n = (a + b) = (1 + 1) = 2

(iv) $H_2$ দ্বারা NO এর বিজারণ ঃ

$2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$

হার সমীকরণ, $r = [NO]^2 \times [H_2]$

∴ বিক্রিয়ার ক্রম, n = (2+1) = 3

http://pdfcorner.com

## ১৩.৬.১ বিক্রিয়ার আণবিকত্ব ও ক্রমের মধ্যে পার্থক্য
**Differences between Molecularity and Order of Reaction**

| বৈশিষ্ট্য | বিক্রিয়ার আণবিকত্ব | বিক্রিয়ার ক্রম |
|---|---|---|
| ১। সংজ্ঞা ঃ | ১। কোন মৌলিক বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে, যতটি মোল বিক্রিয়ক অণু, পরমাণু বা আয়ন অংশ নেয়, তার মোট সংখ্যাকে ঐ বিক্রিয়ার আণবিকত্ব বলে। যেমন, $H_2 + I_2 \xrightarrow{\Delta} 2HI$ (দ্বিআণবিক) $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ (ত্রিআণবিক) | ১। কোন বিক্রিয়ার পরীক্ষালব্ধ যে সব বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার সমানুপাতিক তাদের ঘাতের সমষ্টিকে ঐ বিক্রিয়ার ক্রম বলে। যেমন, $\frac{-dC}{dt} = kC^n$ এখানে C হল মোলার ঘনমাত্রা ও n হল ক্রম নির্দেশক পদ। |
| ২। নির্ভরশীলতা ঃ | ২। বিক্রিয়ার আণবিকত্ব বাহ্যিক অবস্থার উপর নির্ভরশীল নয়। | ২। বিক্রিয়ার ক্রম বাহ্যিক অবস্থা চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। |
| ৩। ব্যাখ্যা ঃ | ৩। সাধারণত আণবিকত্ব রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক রাশি। | ৩। বিক্রিয়ার ক্রম হল বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা ভিত্তিক বিক্রিয়ার হারের পরীক্ষালব্ধ রাশি। |
| ৪। মানের স্থিরতা | আণবিকত্বের মান স্থির; পরিবেশের উপর নির্ভরশীল নয়। যেমন কাঁচপাত্র ও প্লাটিনাম পাত্রে HI এর বিযোজন ঘটালে বিক্রিয়ার ক্রম ভিন্ন হলেও আণবিকত্ব সর্বদা 2 হয়। $2HI \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} H_2 + I_2$ | ৪। বিক্রিয়ার ক্রম বিক্রিয়ার পাত্র দ্বারা প্রভাবিত হয়। যেমন HI এর বিযোজন কাঁচ পাত্রে ঘটালে এর ক্রম হয় '2', প্লাটিনাম পাত্রে ঘটালে ক্রম হয় '1' কিন্তু স্বর্ণের পাত্রে ঘটালে শূন্যক্রম বিক্রিয়া হয়। |
| ৫। সংখ্যা মানের প্রকৃতি ঃ | ৫। বিক্রিয়ার আণবিকত্ব সর্বদা পূর্ণসংখ্যা যেমন, 1,2, 3 ইত্যাদি হয়। $H_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\upsilon} 2HCl$ (দ্বিআণবিক) $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ (ত্রিআণবিক) | ৫। বিক্রিয়ার ক্রম পূর্ণ সংখ্যা, ভগ্নাংশ এমনকি শূন্য মানেরও হতে পারে। যেমন, $H_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\upsilon} 2HCl$ (শূন্য ক্রম) $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ (ক্রম= 3) |

## ১৩.৭। শূন্য ক্রম বিক্রিয়া
**Zero Order Reaction**

**সংজ্ঞা ঃ যে বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না অর্থাৎ বিক্রিয়াটি একটি নির্দিষ্ট গতিতেই চলতে থাকে, তাকে শূন্য ক্রম বিক্রিয়া বলে।** তবে বিক্রিয়ার ক্রমের সংজ্ঞা মতে,

বিক্রিয়াটির হার $= -\frac{dC}{dt} = k \times C^\circ = k \times 1 = k$ ধ্রুবক; এখানে C = বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা

**উদাহরণ ঃ** $H_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{h\vartheta} 2HCl(g)$ , [ এক্ষেত্রে $h\vartheta$ = আলো ]

আলো দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বিক্রিয়ার গতিবেগ আলোর উপর নির্ভরশীল। এক্ষেত্রেও $H_2$ বা $Cl_2$ এর ঘনমাত্রার উপর বিক্রিয়াটির হার নির্ভরশীল নয়। তাই এ বিক্রিয়াটি শূন্যক্রম বিক্রিয়া।

**শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক প্রকাশ ঃ**

শূন্যক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণরূপে নিম্নের সাধারণ সমীকরণটি বিবেচনা করা যাক,

| | A (বিক্রিয়ক) $\longrightarrow$ | B (উৎপাদ) |
|---|---|---|
| প্রাথমিক ঘনমাত্রা ঃ | a mol | o |
| t সময় পর ঘনমাত্রা ঃ | (a–x) mol | x mol |

http://pdfcorner.com

ধরা যাক, বিক্রিয়ক A এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা a mol $L^{-1}$ এবং t সময়ে x mol A বিক্রিয়া করে x mol B উৎপাদে পরিণত হয়েছে, তাহলে t সময় শেষে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা হবে (a – x) mol $L^{-1}$। অতএব,

বিক্রিয়ার হার $= \frac{dx}{dt} = k\,(a-x)^{\circ} = k \times 1 = k$ (ধ্রুবক)

বা, $dx = k \times dt$

এখন সমীকরণটিকে সমাকলিত করে পাই,

$\int dx = \int k \times dt$ বা, $x = k \times t$ + সমাকলন ধ্রুবক .... (1)

সমীকরণ (1) -এর বেলায় t = 0 হলে তখন x = 0 হয়। ফলে সমাকলন ধ্রুবক = 0 পাওয়া যায়।

এখন পূর্বের সমীকরণে সমাকলন ধ্রুবকের মান বসিয়ে পাই,

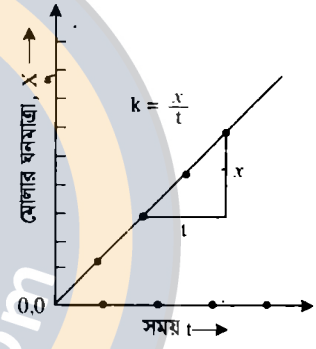
$$x = k \times t \quad \text{বা,} \quad \boxed{k = \frac{x}{t}} \qquad \ldots\ldots \qquad (১৩.৪)$$

অতএব, **এটিই শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ।**

**শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য ঃ**

(i) উৎপাদের ঘনমাত্রা x কে Y অক্ষ বরাবর এবং সময় t কে X অক্ষ বরাবর বসিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করলে প্রাপ্ত সরলরেখা মূলবিন্দু (0,0) দিয়ে যায়। [চিত্র ঃ ১৩.৬]

(ii) শূন্যক্রম বিক্রিয়ার k'-এর একক হবে ঘনমাত্রা সময় $^{-১}$ বা $molL^{-1}s^{-1}$ কারণ শূন্যক্রম বিক্রিয়ার $k = \frac{x}{t} = \frac{\text{ঘনমাত্রা}}{\text{সময়}}$




চিত্র ১৩.৬ ঃ শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার x বনাম t লেখচিত্র।

**শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার উদাহরণ ঃ** অধিকাংশ আলোক–রাসায়নিক বিক্রিয়া ও কিছুসংখ্যক অসমসত্ত্ব বিক্রিয়া হল শূন্য ক্রমের বিক্রিয়া। উদাহরণস্বরূপ সমপরিমাণ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিশ্রণকে সূর্যালোকে পানির সংস্পর্শে রেখে দিলে যে আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তা সময়ের সাথে বিক্রিয়া হারের পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ এটি একটি শূন্য ক্রম বিক্রিয়া।

$$H_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{h\vartheta} 2HCl(g)$$

## ১৩.৮। প্রথম ক্রম বিক্রিয়া
### First Order Reaction

**সংজ্ঞা ঃ যে বিক্রিয়ার হার একটি মাত্র বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার প্রথম ঘাতের সমানুপাতিক হয়, তাকে প্রথম ক্রম বিক্রিয়া বলে।** অর্থাৎ $\frac{-dC}{dt} = kC^1$, এখানে C হল একটি মাত্র বিক্রিয়কের প্রাথমিক মোলার ঘনমাত্রা।

**উদাহরণ–১।** নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইডের তাপীয় বিযোজন ঃ $N_2O_5(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

**উদাহরণ–২।** $\underset{\text{সুক্রোজ বা ইক্ষু চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}(aq)} + H_2O(\ell) \xrightarrow[HCl(aq)]{H^+(aq)} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6(aq)} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6\ (aq)}$

**প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক প্রকাশ ঃ**

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ রূপে নিম্নের সাধারণ সমীকরণটি বিবেচনা করা যাক,

| | A (বিক্রিয়ক) ⟶ | উৎপাদ (B) |
|---|---|---|
| প্রাথমিক ঘনমাত্রা ঃ | a mol | o |
| t সময় পর ঘনমাত্রা ঃ | (a–x) mol | x mol |

http://pdfcorner.com

মনে করি, বিক্রিয়ক A এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা 'a' $molL^{-1}$। t সময়ে 'x' mol পরিমাণ A যদি B উৎপাদে পরিণত হয়, তাহলে t সময় পরে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা হবে $(a - x)$ $mol\ L^{-1}$। অতএব, যে কোন t সময়ে ভর ক্রিয়ার সূত্রানুসারে বিক্রিয়ার হার হবে,

$$\frac{dx}{dt} = k \times (a - x) \quad \text{বা,} \quad \frac{dx}{(a - x)} = k \times dt$$ ; এখানে k হল বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক।

এখন সমীকরণটিকে সমাকলিত করে পাই,

$$\int \frac{dx}{(a - x)} = \int k \times dt$$

বা, $- ln\ (a - x) = k \times t$ + সমাকলন ধ্রুবক ..... (1)

এখন পূর্বের (1) নং সমীকরণে প্রাথমিক অবস্থায় $t = 0$ এবং $x = 0$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$- ln\ a = \text{সমাকলন ধ্রুবক}$$

এখন সমাকলন ধ্রুবকের এ মান পূর্বের (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$- ln\ (a - x) = k \times t - ln\ a$$

বা, $k \times t = ln\ a - ln\ (a - x)$

বা, $k \times t = ln \frac{a}{a-x}$ বা, $k = \frac{1}{t} \times ln \frac{a}{a-x}$

বা, $$\boxed{k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{a - x}} \quad \text{...} \quad (2)$$

**এটিই প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ।**

আবার যদি বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রাকে $C_0$ এবং t সময় পরের ঘনমাত্রাকে C দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তখন সমীকরণ (2) কে নিম্নোক্তভাবেও লেখা যায়।

$$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{C_0}{C}$$ ; এখানে $C_0 = a$ এবং $C = (a - x)$

এটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের বিকল্প সমীকরণ। এ সমীকরণটিকে নিম্নরূপেও প্রকাশ করা যায় ঃ

$$k = \frac{2.303}{t_2 - t_1} \log \frac{a - x_1}{a - x_2}$$

এখানে, $x_1$ $x_2$ যথাক্রমে $t_1$ ও $t_2$ সময়ে পরিবর্তিত বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার পরিমাণ।

## ১৩.৯। প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য
### Characteristics of First Order Reaction

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার তিনটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য আছে। যেমন,

(i) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনো সম্পূর্ণভাবে শেষ হয় না।

(ii) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না।

(iii) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় k-এর মান ধ্রুব থাকে। কারণ, $k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{c_0}{c}$

**প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যসমূহের প্রমাণ ঃ**

**(i) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনো সম্পূর্ণভাবে শেষ হয় না।**

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ থেকে আমরা জানি,

$$k = \frac{1}{t} \times ln \frac{c_0}{c}$$

$$ln \frac{c_0}{c} = kt; \text{ বা, } ln \frac{c}{c_0} = -kt$$

বা, $\frac{c}{c_0} = e^{-kt}$ বা, $c = c_0 \times e^{-kt}$

[এখানে $c_0$ হল বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা এবং c হল t সময় পরে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা ]



http://pdfcorner.com

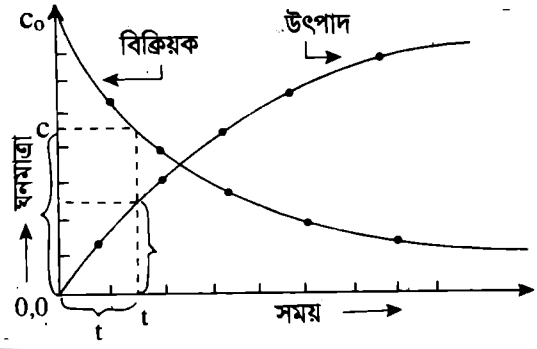
বিক্রিয়া সম্পূর্ণভাবে শেষ হতে হলে $c = 0$ হতে হবে।

অর্থাৎ,

$$\therefore\ 0 = c_o \times e^{-kt},\ \text{বা},\ 0 = \frac{c_o}{e^{kt}}$$

$$\text{বা},\ e^{kt} = \frac{c_o}{0} = \infty\ \text{(অসীম)}$$

অর্থাৎ $k \neq 0$, তাই $t = \infty$ (অসীম) হবে। অর্থাৎ অসীম সময়ে বিক্রিয়া সমাপ্ত হবে। সোজা কথায় এর অর্থ দাঁড়ায়, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনো সম্পূর্ণভাবে বা পরমভাবে শেষ হয় না। [চিত্র ঃ ১৩.৭]




চিত্র ১৩.৭ ঃ প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অগ্রগতি।

**(ii) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার একটি নির্দিষ্ট অংশ যেমন অর্ধেক বা 50% সম্পন্ন হবার জন্য প্রয়োজনীয় সময় অর্থাৎ বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না।**

**বিক্রিয়ার অর্ধায়ু ঃ একটি বিক্রিয়া শুরু হওয়ার যত সময় পরে সে বিক্রিয়ার ঠিক অর্ধেক পরিমাণ বিক্রিয়ক নিঃশেষিত হয়, (অর্থাৎ বাকি অর্ধেক অবশিষ্ট থাকে) সে সময়কে বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু বলা হয়।**

উল্লেখ্য, কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের অর্ধেক উৎপাদে পরিণত হবার প্রয়োজনীয় সময়কে বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু বলা হয়। অর্ধায়ুকে $t_{1/2}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

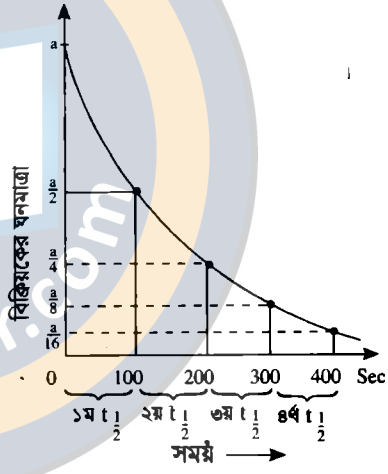
মনে করি, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার এক্ষেত্রে $t_{1/2}$ নির্ণয় করতে হবে। তখন $x = \frac{a}{2}$ হবে। কেননা, এ সময়ে বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা a এর অর্ধেক x–এ পরিণত হয়েছে। এখন প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ যেমন $k = \frac{2.303}{t} \cdot \log \frac{a}{a-x}$

এর মধ্যে, $x = \frac{a}{2}$ এবং $t = t_{1/2}$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$t_{1/2} = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a - \frac{a}{2}}$$

$$\text{বা},\ t_{1/2} = \frac{2.303}{k} \log 2$$

$$\text{বা},\ \boxed{t_{1/2} = \frac{0.693}{k} = \text{ধ্রুবক}}\ [\because \log 2 = 0.301] \quad \ldots\ldots\ (1)$$




চিত্র ১৩.৮ ঃ প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু (ধ্রুবক)

উপরিউক্ত বিক্রিয়ার অর্ধায়ুর সমীকরণ (1) নং থেকে স্পষ্টভাবে প্রতীয়মান হয় যে, $t_{1/2}$ প্রাথমিক ঘনমাত্রা a এর উপর নির্ভরশীল নয়।

আবার ১৩.৮ নং চিত্র পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, বিক্রিয়কের প্রথম অর্ধেক (অর্থাৎ $\frac{a}{2}$ সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে (চিত্রমতে ১ম $t_{1/2}$ = 100 scc.) দ্বিতীয় অর্ধেকের অর্ধেক (অর্থাৎ $\frac{a}{4}$) সম্পন্ন হতে একই সময় লাগে (চিত্রমতে ২য় $t_{1/2}$ = 100 scc.) এবং অবশিষ্টের অর্ধেক সম্পন্ন হতে একই সময় লাগে (চিত্র মতে ৩য় $t_{1/2}$ = 100 scc.)। সুতরাং প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু ধ্রুব থাকে।

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুর (1) নং সমীকরণের বিশেষ তাৎপর্য হচ্ছে, কোন প্রদত্ত আয়তনে 1 mol পরিমাণ কোন বিক্রিয়ককে 0.5 mol পরিমাণে পরিণত করতে যে সময় লাগে, একই আয়তনে 0.5 mol বিক্রিয়ককে 0.25 mol পরিণত করতে একই সময় লাগবে। একইভাবে, ঐ নির্দিষ্ট আয়তনে 0.001 mol 0.0005 mol পরিণত করতেও একই সময় লাগবে।

http://pdfcorner.com

**(iii) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ঘনমাত্রার এককের উপর নির্ভরশীল নয়।**

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণটি হল ঃ $k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$ ; এতে ব্যবহৃত $\frac{a}{a-x}$ অংশটি হল দুটি ঘনমাত্রার। যেমন 'a' এবং '(a–x)' মোলার ঘনমাত্রার অনুপাত। সুতরাং এর কোন একক নেই এবং এটি একটি সংখ্যা মাত্র। তাই প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মান বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার এককের উপর নির্ভর করবে না। ধরা যাক, বর্তমান একক পূর্বে ব্যবহৃত এককের n গুণ; সুতরাং

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{na}{n(a-x)} = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$$

যেহেতু এক্ষেত্রে নির্ণীত শেষের হার ধ্রুবকের সমীকরণটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের পূর্বের সমীকরণের অনুরূপ, তাই বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা পরিবর্তন করা হলেও হার ধ্রুবকের মান অপরিবর্তিত থাকবে।

## ১৩.১০। প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার উদাহরণ
### Examples of First Order Reaction

**নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইডের বিযোজন ঃ** প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সবচেয়ে পরিচিত বিক্রিয়া হল $N_2O_5$এর বিযোজন। নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইড ($N_2O_5$) একটি উদ্বায়ী স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। বিজ্ঞানী ড্যানিয়েল ও তাঁর সহকর্মীরা গ্যাসীয় অবস্থায় এবং দ্রাবক যেমন $CCl_4$ এ দ্রবীভূত অবস্থায়, উভয়ক্ষেত্রেই নিম্নরূপ বিযোজন পর্যবেক্ষণ করেছেন।

$$N_2O_5(g) \longrightarrow N_2O_4(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g)$$

গ্যাসীয় সাম্যাবস্থায় $N_2O_5$ এর বিযোজন ছাড়াও $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ শ্রেণীর সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয় বলে তার গতিবিদ্যা একটু জটিল। তবে $CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) দ্রাবকে এ বিক্রিয়া সংঘটিত করলে বিক্রিয়ার হার অধ্যয়ন করতে বিশেষ কোন অসুবিধার সম্মুখীন হতে হয় না। কেননা উৎপন্ন $N_2O_4$ ও $NO_2$ উক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হতে থাকে। সুতরাং বিভিন্ন সময়ে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন মেপে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, 2 mol $N_2O_5$-এর বিযোজনের ফলে 1 mol অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। অতএব উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন বিযোজিত $N_2O_5$এর ঘনমাত্রার সমানুপাতিক হবে।

অর্থাৎ $2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$; বিক্রিয়ার হার = $k \times [N_2O_5]$ যদি যে কোন সময় t-তে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন $V_t$ এবং বিক্রিয়া শেষে তার আয়তন $V_\infty$ হয়, তাহলে—

$V_\infty \propto a$ [$N_2O_5$ এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা]

এবং $(V_\infty - V_t) \propto (a-x)$ [t সময় পরে $N_2O_5$ এর ঘনমাত্রা]

এখন প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সাধারণ সমীকরণে আনুপাতিক মান বসিয়ে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)} \text{ বা, } k = \frac{2.303}{t} \log \frac{V_\infty}{V_\infty - V_t}$$

পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে দেখা যায় যে, 35°C তাপমাত্রায় উক্ত বিক্রিয়ার k এর মান $1.35 \times 10^{-4}$ ($s^{-1}$) হয়। অর্থাৎ ১ম ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে k = ধ্রুব মান হয়। তাই $N_2O_5$ এর বিযোজন ১ম ক্রম বিক্রিয়া।

তাই $N_2O_5$ বিযোজন বিক্রিয়াটি নিম্নোক্ত দুটি মৌলিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে ঘটে। তখন বিক্রিয়ার হার নির্ধারক slowest step মৌলিক বিক্রিয়াটিতে 1.0 mol $N_2O_5$ বিক্রিয়ক থাকে।

$$N_2O_5 \xrightarrow{\text{slow}} NO_2 + NO_3$$
$$N_2O_5 + NO_3 \xrightarrow{\text{fast}} 3NO_2 + O_2$$

http://pdfcorner.com

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ৪। কোন প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 15 min হলে বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক কত?** [ঢা. বো. ২০০৭]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, $t_{1/2} = 15$ min

আমরা জানি; প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

$$\therefore k = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{15} = 4.62 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ৫। কোন প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধেক পরিমাণ পদার্থ 400 s-এ বিযোজিত হয়। কতক্ষণ পরে মাত্র এক–অষ্টমাংশ পদার্থ অবশিষ্ট থাকবে?** [ঢা. বো. ২০০১; রা. বো. ২০০৩; ব. বো. ২০০৫]

**সমাধান ঃ** প্রশ্নমতে, $t_{1/2} = 400$ s

আমরা জানি, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$ $\therefore k = \frac{0.693}{400} = 1.7325 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

বিক্রিয়ার শুরুতে পদার্থের ঘনমাত্রা a হলে, এক–অষ্টমাংশ পদার্থ অবশিষ্ট থাকার সময় ঘনমাত্রা হচ্ছে a/8। অর্থাৎ $(a - x) = a/8$

আমরা জানি, $t = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a-x} = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a/8}$

$$= \frac{2.303}{1.7325 \times 10^{-3}} \log 8 = 1.3293 \times 10^{3} \times 0.90309 = 1200 \text{ s.}$$ **(উত্তর)।**

**উদাহরণ ৬। একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার 30% সম্পন্ন হয় 60 মিনিটে। উক্ত বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু এবং হার ধ্রুবক নির্ণয় কর।** [ঢা. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** এখানে উৎপাদ, $x = 30\%\ a = 0.3a$, মোট সময়, $t = 60$ min.

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ মতে, $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$

বা, $k = \frac{2.303}{60 \text{ min}} \log \frac{a}{a - 0.3a}$; বা, $k = \frac{2.303}{60 \text{ min}} \log \frac{10}{7} = \frac{2.303 \times 0.1549}{60 \text{ min}}$

$$= 5.946 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

আবার, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k} = \frac{0.693}{5.946 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}} = 116.55 \text{ min}$ **(উত্তর)**

**উদাহরণ – ৭।** একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.6 $\text{mol}^{-1}$ থেকে 0.2 $\text{moll}^{-1}$ ঘনমাত্রায় হ্রাস পেতে 5 min সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক কত? [চ বো. ২০০৯, সি. বো. ২০১১, ব. বো. ২০১০]

**সমাধান ঃ** প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ মতে –

$$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{a-x}$$

$$= \frac{2.303}{5} \times \log \frac{0.6}{0.2} = 0.2198 \text{ min}^{-1}$$ **(উত্তর)**

প্রশ্নমতে,

বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা, $a = 0.6 \text{molL}^{-1}$

5 min পর ঘনমাত্রা, $(a - x) = 0.2 \text{ molL}^{-1}$

মোট সময়, $t = 5$ min,

বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক, $k = ?$

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ৮। 35° C তাপমাত্রায় $CCl_4$ মাধ্যমে নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইডের ঘনমাত্রা এক-তৃতীয়াংশ হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে? ঐ তাপমাত্রায় $k = 1.35 \times 10^{-4}\ s^{-1}$।** [য. বো. ২০০৩]

**সমাধান ঃ** এখানে $x = \frac{a}{3}$, $k = 1.35 \times 10^{-4}\ s^{-1}$; $t = t_{1/3} = ?$

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ থেকে পাই, $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$

বা, $t = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a-x}$

$\therefore \quad t_{1/3} = \frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}} \log \frac{a}{a - \frac{a}{3}} = \frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}} \log 3/2 = 3004\ s = 50.06\ min$

$\therefore$ নির্ণেয় সময় = 50.06 min **(উত্তর)**

**উদাহরণ ৯।** একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধেক পরিমাণ বিক্রিয়ক বিযোজিত হয় 300 সেকেন্ডে। কতক্ষণ পর ঐ বিক্রিয়কের এক অষ্টমাংশ অবশিষ্ট থাকবে? [চ. বো. ২০১১, কু. বো, ২০১০, য. বো. ২০০৯]

**সমাধান ঃ**

**প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুর সমীকরণ ঃ**

$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

বা, $k = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{300s}$

বা, $k = 2.31 \times 10^{-3} s^{-1}$

**প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ ঃ**

$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$

বা, $t = \frac{2.303}{k} \times \log \frac{a}{a/8}$ ;

**প্রশ্নমতে,**

বিক্রিয়ার অর্ধায়ু, $t_{1/2} = 300s$

বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক, $k = ?$

প্রাথমিক ঘনমাত্রা = a (ধরে)

t সময়ের পর অবশিষ্ট থাকে, $(a - x) = \frac{a}{8}$

প্রয়োজনীয় সময়, $t = ?$

বা, $t = \frac{2.303}{2.31 \times 10^{-3}} \times \log 8$

বা, $t = \frac{2.303 \times 10^3 s}{2.31} \times 0.90309 = 900.4s$ (প্রায়), 15.01 min (প্রায়) উত্তর।

**উদাহরণ ১০। 25° C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইডের বিযোজনের অর্ধায়ু 3400 min । (i) বিক্রিয়াটির আপেক্ষিক বিক্রিয়া হার, k ও (ii) বিক্রিয়ার 99% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন হবে?**

**সমাধান ঃ** (i) বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের হওয়ায়

$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$ বা, $k = \frac{0.693}{t_{1/2}}$ ; বা, $k = \frac{0.693}{3400 min}$ [$\because\ t_{1/2} = 3400\ min$]

$\therefore \quad k = 2.038 \times 10^{-4}\ min^{-1}$

(ii) 99% বিক্রিয়া সম্পন্ন হলে $x = 0.99\ a$, এখানে a = প্রাথমিক পরিমাণ। 99% বিক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার সময়কে $t_{(99\%)}$ লিখা হলে, $t_{(99\%)} = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{(a - 0.99a)}$

$= \frac{2.303\ min}{2.038 \times 10^{-4}} \log 100 = 2.26 \times 10^4\ min$ **(উত্তর)**

http://pdfcorner.com

**উদাহরণ ১১। 48° C তাপমাত্রায় $CCl_4$এ $N_2O_5$ এর বিযোজন থেকে নিম্নরূপ ডাটা পাওয়া যায় ঃ**

| t min | 10 | 20 | ∞ |
|---|---|---|---|
| অক্সিজেনের আয়তন (L) | 6.3 | 11.4 | 34.76 |

**দেখাও যে, বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের।**

**সমাধান ঃ** এক্ষেত্রে প্রথম ক্রমের সমীকরণ নিম্নরূপ হবে ঃ

$$k = \frac{2.303}{t} \times \log\frac{a}{(a-x)} \text{ ; অথবা, } k = \frac{2.303}{t} \log \frac{V_\infty}{V_\infty - V_t} \text{ ; k = বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক}$$

(i) প্রশ্নমতে, $V_\infty = 34.76$। যখন $t = 10$ তখন $V_t = 6.3$

$$\therefore \quad k = \frac{2.303}{10} \log \frac{34.76}{34.76 - 6.3} = 0.020 \text{ min}^{-1}.$$

(ii) আবার যখন $t = 20$ তখন $V_t = 11.4$

$$\therefore \quad k = \frac{2.303}{20} \log \frac{34.76}{34.76 - 11.4} = 0.01987 \text{ min}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে যে, বিক্রিয়াটিকে প্রথম ক্রম ধরে k-এর যে দুটি মান পাওয়া যায় তারা প্রায় সমান। সুতরাং বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের।

## ১৩.১১। দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া
### Second Order Reaction

**সংজ্ঞা ঃ যে বিক্রিয়ার হার একটি মাত্র বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বর্গের বা দ্বিতীয় ঘাতের সমানুপাতিক হয় অথবা যে বিক্রিয়ার হার দুটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার গুণফলের সমানুপাতিক হয়, তাকে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া বলে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে ,** $-\frac{dC}{dt} = kC^2$

**উদাহরণ ১।** $2CH_3CHO(g) \xrightarrow{\Delta} 2CH_4(g) + 2CO(g)$

অ্যাসিট্যালডিহাইড মিথেন

**উদাহরণ ২।** $CH_3COOCH_3(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq) + CH_3OH(aq)$

মিথাইল অ্যাসিটেট সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিথানল

**দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক প্রকাশ**

দ্বিতীয় ক্রম পদটি দু'প্রকারের বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োগ করা যায়। যেমন,

**(ক) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ায় একটি মাত্র বিক্রিয়ক থাকলে, তখন এর সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়। যেমন,**

| | 2A (বিক্রিয়ক) | ⟶ উৎপাদ (B) |
|---|---|---|
| প্রাথমিক ঘনমাত্রা ঃ | a $molL^{-1}$ | o |
| t সময় পর ঘনমাত্রা ঃ | (a – x) $molL^{-1}$ | x $molL^{-1}$ |

যদি বিক্রিয়ক A-এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা a $molL^{-1}$ এবং t সময়ে A এর x mol উৎপাদে পরিণত হয়, তা হলে t সময় পরে A-এর ঘনমাত্রা হবে (a – x) $molL^{-1}$ । অতএব, যে কোন t সময়ে ভরক্রিয়ার সূত্রানুসারে বিক্রিয়ার হার নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

http://pdfcorner.com

$\frac{dx}{dt} = k \times (a-x)^2$

বা, $\frac{dx}{(a-x)^2} = k \times dt$

এখন উপরের সমীকরণকে সমাকলিত করে পাই,

$\int \frac{dx}{(a-x)^2} = \int k \times dt$

বা, $\frac{1}{a-x} = k \times t$ + সমাকলন ধ্রুবক

[ সাধারণ সূত্রে, $\int (a+x)^n dx = \frac{(a+x)^{n+1}}{(n+1)} \times \frac{d(x)}{dx}$

$= \frac{(a+x)^{n+1}}{(n+1)} \times 1$

এক্ষেত্রে, $\int (a-x)^{-2} dx = \frac{(a-x)^{-2+1}}{(-2+1)} \times \frac{d(-x)}{dx}$

$= \frac{(a-x)^{-1}}{-1} \times (-1)$

$= (a-x)^{-1}$

যখন বিক্রিয়ার শুরুতে $t = 0$, তখন $x = 0$ হয়। উপরের সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে পাওয়া যায়,

সমাকলন ধ্রুবক = $\frac{1}{a}$

এখন সমাকলন ধ্রুবকের এ মান উপরের সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$\frac{1}{a-x} = k \times t + \frac{1}{a}$

বা, $k \times t = \frac{1}{a-x} - \frac{1}{a}$ বা, $k \times t = \frac{x}{a(a-x)}$ বা, $\boxed{k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}}$

এ সমীকরণই হচ্ছে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক সমীকরণ।

**(খ) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ায় যখন দুটি বিক্রিয়ক জড়িত থাকে, তখন এর সমীকরণ হবে নিম্নরূপ; যেমন,**

| | A বিক্রিয়ক | + | B বিক্রিয়ক | → | উৎপাদ |
|---|---|---|---|---|---|
| প্রাথমিক ঘনমাত্রা ঃ | a mol | | b mol | | 0 |
| t সময়পর ঘনমাত্রা ঃ | (a–x) | | (b–x) | | x |

যদি A ও B-এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা যথাক্রমে a ও b $molL^{-1}$ এবং t সময়ে উভয় বিক্রিয়ক হতে x $molL^{-1}$ ঘনমাত্রা হ্রাস পায়, তাহলে বিক্রিয়ার হার নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

$\frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x)$

বা, $\frac{dx}{(a-x)(b-x)} = kdt$ বা, $\frac{1}{(a-b)}\left[\frac{1}{b-x} - \frac{1}{a-x}\right] dx = kdt$ [ আংশিক ভগ্নাংশে রূপান্তর করে ]

উক্ত সমীকরণকে সমাকলিত করে পাই,

$\frac{1}{(a-b)} \int \left[\frac{1}{b-x} - \frac{1}{a-x}\right] dx = \int kdt$

বা, $\frac{1}{a-b}[-\ln(b-x) + \ln(a-x)] = kt$ + সমাকলন ধ্রুবক (c) বা, $\frac{1}{a-b} \ln \frac{a-x}{b-x} = kt + c$

উপরের সমীকরণে বিক্রিয়ার শুরুতে $t = 0$ এবং $x = 0$ বসিয়ে পাই, $\frac{1}{a-b} \ln \frac{a}{b} = c$

এখন ধ্রুবক c এর মান উপরের সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$\frac{1}{a-b} \ln \frac{a-x}{b-x} = kt + \frac{1}{a-b} \ln \frac{a}{b}$

বা, $kt = \frac{1}{a-b} \ln \frac{a-x}{b-x} - \frac{1}{a-b} \ln \frac{a}{b}$ বা, $kt = \frac{1}{a-b} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$ $\therefore k = \frac{1}{t(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$

এই সমীকরণই হচ্ছে **A + B → উৎপাদ** শ্রেণীর দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ।

http://pdfcorner.com

## ১৩.১১.১ দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অন্যান্য উদাহরণ
**Other Examples of Second Order Reaction**

(ক) নাইট্রোজেন পারঅক্সাইডের তাপীয় বিযোজন ঃ $2NO_2 \xrightarrow{\Delta} 2NO + O_2$

(খ) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সংশ্লেষণ ঃ $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

(গ) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের তাপীয় বিযোজন ঃ $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

(ঘ) হাইড্রোজেন ও ইথিলিনের সংযোজন ঃ $H_2 + C_2H_4 \longrightarrow C_2H_6$

## ১৩.১২ । দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার কতিপয় বৈশিষ্ট্য
**Some Characteristics of Second Order Reaction**

দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত দুটি বৈশিষ্ট্য আছে। যেমন,

**(ক) একটি বিক্রিয়ক ঘটিত দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়ার ('অর্থাৎ $2A \rightarrow$ উৎপাদ' এর বেলায়) অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।**

আমরা জানি, এ দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}$$

বা, $$t = \frac{1}{k} \times \frac{x}{a(a-x)}$$

ধরি, $t_{1/2}$ (বা অর্ধায়ু) নির্ণয় করতে হবে।

অতএব, এ সময়ে $x = \frac{a}{2}$ হবে। কেননা, বিক্রিয়ার অর্ধেক সময়ে a এর অর্ধেক x-এ পরিণত হবে।

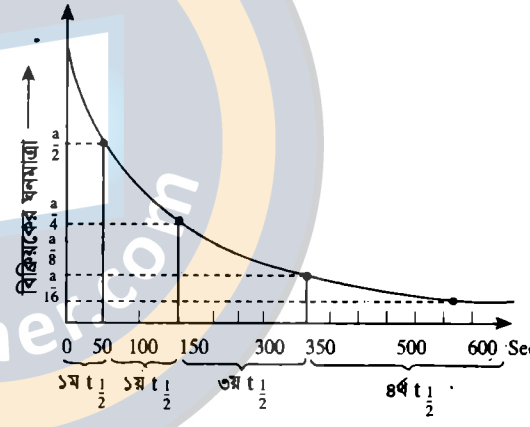
$$\therefore \quad t_{1/2} = \frac{1}{k} \cdot \frac{a/2}{a(a - a/2)}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \cdot \frac{a/2}{a \cdot \frac{a}{2}}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \cdot \frac{a}{2} \times \frac{2}{a.a}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{a}$$

$$\therefore \quad t_{1/2} \propto \frac{1}{a}$$




চিত্র ১৩.৯ ঃ দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু (ধ্রুবক নয়)।

অর্থাৎ বিক্রিয়ার **অর্ধবিযোজনকাল বা অর্ধায়ু** $\left(t_{\frac{1}{2}}\right)$ **বিক্রিয়কের** প্রাথমিক ঘনমাত্রার (অর্থাৎ a এর) ব্যস্তানুপাতিক হবে। তখন বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা যত হ্রাস পায় অর্ধায়ুর মান তত বেশি হয়।

চিত্র ১৩.৯ দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার অর্ধায়ু প্রকাশ করছে। চিত্র ১৩.৯ নং পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, বিক্রিয়কের প্রথম অর্ধেক (অর্থাৎ $\frac{a}{2}$) সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে (চিত্রমতে 50 scc.), দ্বিতীয় অর্ধেকের অর্ধেক (অর্থাৎ $\frac{a}{4}$) সম্পন্ন হতে সময় লাগে আরো বেশি এবং অবশিষ্টের অর্ধেক সম্পন্ন হতে সময় লাগে আরো বেশি।

**(খ) দুটি ভিন্ন বিক্রিয়ক সম্পন্ন দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়া তখনই প্রথম ক্রমের হবে, যখন সিস্টেমে কোন একটি বিক্রিয়ক অপর বিক্রিয়ক অপেক্ষা অত্যধিক পরিমাণে থাকবে।**

দুটি ভিন্ন বিক্রিয়ক সম্পন্ন দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ হচ্ছে নিম্নরূপ ঃ

$$k = \frac{1}{t(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$$

http://pdfcorner.com

ধরা যাক, a>>b ; তাহলে a>>x হবে; সুতরাং

$$k = \frac{1}{ta} ln \frac{b.a}{a(b-x)} = \frac{1}{ta} \cdot ln \frac{b}{b-x}$$

যেহেতু বিক্রিয়াকালে a ধ্রুব থাকে, তাই $k = \frac{1}{t} ln \frac{b}{b-x}$ হবে।

অতএব, এক্ষেত্রে দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়া প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার গতিবিদ্যা অনুসরণ করবে।

**(গ) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক k-এর একক**

$$\text{যেহেতু, } k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} = \frac{1}{\text{সময়}} \times \frac{\text{ঘনমাত্রা}}{(\text{ঘনমাত্রা})^2} = \frac{molL^{-1}}{s \times (molL^{-1})^2} = L\, mol^{-1} s^{-1}$$

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ১২।** একটিমাত্র বিক্রিয়ক বিশিষ্ট একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা যখন 0.2M তখন এর অর্ধায়ু 10 সেকেন্ড হয়। প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.1M হলে অর্ধায়ু কত হবে? [ব. বো. ২০০৪]

**সমাধান ঃ** একটি মাত্র বিক্রিয়ক বিশিষ্ট দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অর্ধায়ু, $t_{1/2} = \frac{1}{k \times a}$

প্রাথমিক ঘনমাত্রা, a = 0.2M হলে $t_{1/2}$ = 10 sec হয়

$$\therefore k = \frac{1}{t_{1/2} \times a} = \frac{1}{10 \times 0.2} = 0.5\ mol^{-1} Ls^{-1}$$

আবার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা, a = 0.1M হলে,

$$t_{1/2} = \frac{1}{k \times a} = \frac{1}{0.5 \times 0.1} = \frac{1}{0.05} = 20\ s$$ (উত্তর)

**উদাহরণ ১৩।** $A \rightarrow B$ বিক্রিয়াটির বিভিন্ন ঘনমাত্রায় নিম্নরূপ অর্ধায়ু পাওয়া গেল: প্রাথমিক ঘনমাত্রা 0.01M হলে $t_{1/2}$ হয় 200 সেকেন্ড; আবার প্রাথমিক ঘনমাত্রা 0.03M করা হলে $t_{1/2}$ হয় 67 সেকেন্ড এবং প্রাথমিক ঘনমাত্রা 0.06M করা হলে $t_{1/2}$ হয় 34 সেকেন্ড। বিক্রিয়াটির ক্রম এবং বিক্রিয়া হার নির্ণয় কর।

**সমাধান ঃ** আমরা জানি, বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের হলে অর্ধায়ু ধ্রুবক হত। যেহেতু প্রশ্ন থেকে দেখা যায় যে তা হয়নি, অতএব বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের নয়।

একটি বিক্রিয়কঘটিত দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার সমানুপাতিক অর্থাৎ $t_{1/2} \propto \frac{1}{a}$; বা, $= t_{1/2} \times a =$ ধ্রুবক

(i) এর ক্ষেত্রে $t_{1/2} \times a = 200 \times 0.01 = 2.00$

(ii) এর ক্ষেত্রে $t_{1/2} \times a = 67 \times 0.03 = 2.01$

(iii) এর ক্ষেত্রে $t_{1/2} \times a = 34 \times 0.06 = 2.04$

যেহেতু $t_{1/2} \times a$ এর মানগুলো ধ্রুবক, তাই এটি একটি দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়া।

আবার, $k = \frac{1}{t_{1/2}} \cdot \frac{1}{a} = \frac{1}{2.0} = 0.5$

$\therefore$ $k = 0.5\ Lmol^{-1} s^{-1}$.



http://pdfcorner.com

## ১৩.১৩ ছদ্ম এক–আণবিক বিক্রিয়া বা ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়া

**সংজ্ঞা ঃ যে সব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দ্রাবকসহ একাধিক বিক্রিয়কের অংশগ্রহণ সত্ত্বেও বিক্রিয়ার গতি প্রথম ক্রমের হয়; তাদেরকে ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া বলা হয়। এরূপ বিক্রিয়াকে ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়াও বলা হয়।**

**উদাহরণ–১।** লঘু HCl-এর উপস্থিতিতে ইক্ষু-চিনি বা সুক্রোজ পানি-বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{সুক্রোজ বা ইক্ষু–চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[HCl]{H^+} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

সমীকরণ মতে বিক্রিয়ার হার হয়, $-\frac{dc}{dt} = k \times C_{sugar} \times C_{H_2O}$

অর্থাৎ বিক্রিয়াটির ক্রম = 2 হওয়ার কথা। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এটি একটি প্রথম ক্রমের বিক্রিয়া। কারণ বিক্রিয়াটি জলীয় মাধ্যমে সংঘটিত হওয়ায় এবং বিক্রিয়া মাধ্যমে অত্যধিক পরিমাণে পানি বর্তমান থাকায় বিক্রিয়াকালে পানির ঘনমাত্রার উল্লেখযোগ্য কোন পরিবর্তন ঘটে না। এমনকি সম্পূর্ণ চিনি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গেলেও পানির আপেক্ষিক ঘনমাত্রা $C_{H_2O}$ প্রায় স্থির থাকে। আবার প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত HCl এর ঘনমাত্রাও স্থির থাকে। সুতরাং বলা যায় বিক্রিয়াটির হার হবে, $\frac{-dc}{dt} = k' \times C_{sugar}$ [ $\because k \times C_{H_2O} = k' =$ আরেকটি ধ্রুবক ]

অর্থাৎ বিক্রিয়া প্রথম ক্রমের গতিবিদ্যা অনুসরণ করবে।

**উদাহরণ–২। মিথাইল ইথানোয়েট এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ** বিশুদ্ধ পানি দ্বারা এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ এত ধীর গতিসম্পন্ন যে তা পরীক্ষা করা সম্ভব হয় না। এজন্য এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়াটি খনিজ এসিডের উপস্থিতিতে সম্পাদন করা হয়। যেমন 0.05 M HCl এর উপস্থিতিতে মিথাইল ইথানোয়েটের আর্দ্র-বিশ্লেষণ নিম্নরূপে সংঘটিত হয় ঃ

$$\underset{\text{মিথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3CO.OCH_3} + HO\text{-}H \overset{H^+}{\rightleftharpoons} \underset{\text{ইথানোয়িক এসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH}$$

সমীকরণ মতে, বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রমের মনে হলেও প্রকৃতপক্ষে এটি একটি প্রথম ক্রমের বিক্রিয়া। কেননা, এক্ষেত্রে প্রভাবকের (এসিডের) ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে এবং পানি এত অধিক পরিমাণে বর্তমান থাকে যে, বিক্রিয়া শেষ হয়ে গেলেও এর ঘনমাত্রার তেমন কোন উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ পানির ঘনমাত্রা স্থির থাকে। মূলত বিক্রিয়াটির গতিবেগ কেবলমাত্র মিথাইল ইথানোয়েট (এস্টার)–এর ঘনমাত্রার উপরই নির্ভরশীল বিধায় এটি প্রথম ক্রমের গতিবিদ্যা অনুসরণ করে। এ **বিক্রিয়াটিকে ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়া** বলে।

**ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার আরো কিছু উদাহরণ ঃ**

$$\underset{\text{কার্বনিল সালফাইড}}{COS} + H_2O \text{ (অতিরিক্ত)} \longrightarrow CO_2 + H_2S$$

$$\underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O \text{ (অতিরিক্ত)} \longrightarrow \underset{\text{ইথানোয়িক এসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ইথানল}}{C_2H_5OH}$$

$$\underset{\text{ইথানোয়িক অ্যান্‌হাইড্রাইড}}{(CH_3CO)_2O} + \underset{\text{ইথানল}}{2C_2H_5OH} \text{ (অতিরিক্ত)} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল ইথানোয়েট}}{2CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

## ১৩.১৪ ক্ষার দ্বারা অ্যালিফেটিক এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ

এসিড প্রভাবক দ্বারা অ্যালিফেটিক এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের হয়। কিন্তু ক্ষার দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে বিক্রিয়াটি **দ্বিতীয় ক্রমের গতিবিদ্যা** অনুসরণ করে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3CO\text{-}OCH_3} + NaO\text{-}H \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + \underset{\text{মিথানল}}{CH_3\text{–}OH}$$

http://pdfcorner.com

**বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের পরীক্ষা ঃ** পাতিত পানিতে মিথাইল অ্যাসিটেটের লঘু দ্রবণ তুল্য পরিমাণ লঘু NaOH দ্রবণের সাথে মিশ্রিত করে মিশ্রণকে স্থির তাপমাত্রায় রাখা হয়। এবার নির্দিষ্ট সময়ের দ্রুততার সাথে নির্দিষ্ট আয়তনের মিশ্রণ উঠিয়ে নিয়ে প্রমাণ HCl দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়। প্রতিক্ষেত্রে ব্যবহৃত এসিডের আয়তন অব্যবহৃত NaOH এর পরিমাণের সমান অর্থাৎ তা (a – x) এর সমান। এসিডের প্রাথমিক আয়তন ঘনমাত্রা a এর সমান; সুতরাং t সময়ে এসিডের আয়তন $V_t$ এবং প্রাথমিক আয়তন $V_o$ হলে $x = (V_o - V_t)$ এবং হার ধ্রুবক k হবে নিম্নরূপ,

$$k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)} = \frac{1}{t} \times \frac{V_o - V_t}{V_o \times V_t}$$

## গাণিতিক উদাহরণ

**উদাহরণ ১৪।** সমান মোলার ঘনমাত্রার **NaOH** ও মিথাইল অ্যাসিটেটের আর্দ্র বিশ্লেষণের হার পর্যবেক্ষণে নির্দিষ্ট সময় পর **25 mL** বিক্রিয়া মিশ্রণকে প্রমাণ HCl দ্বারা টাইট্রেশন করে নিম্নরূপ ডাটা পাওয়া গেল ঃ

| সময় min | 0 | 5 | 15 | 25 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|
| ব্যবহৃত প্রমাণ এসিড mL | 16 | 10.5 | 6.25 | 4.5 | 3.62 |

প্রমাণ কর যে, বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রমের হবে।

**সমাধান ঃ** দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ায় হার ধ্রুবকের সমীকরণ ব্যবহার করে প্রাপ্ত হার ধ্রুবকের মান যদি ধ্রুবক হয় তাহলে বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রমের হবে। দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়ার হার নিম্ন সমীকরণ অনুযায়ী পাওয়া যায়—

$$\underset{\substack{a\ mol \\ (a-x)\ mol}}{CH_3COOCH_3} + \underset{\substack{a\ mol \\ (a-x)\ mol}}{NaOH} \longrightarrow \underset{\substack{0 \\ x\ mol}}{CH_3COONa} + \underset{\substack{0 \\ x\ mol}}{CH_3OH}$$

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$$

$$= \frac{1}{t} \times \frac{V_o - V_t}{V_o \times V_t}$$ ; এখানে $a = V_o = 16$ mL এসিড দ্রবণ। $(a-x) = Vt$ mL এসিড দ্রবণ

| সময় (min) | এসিডের ঘনমাত্রা (a – x) | ব্যবহৃত এসিড x = a – (a – x) | $\frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} = k$ |
|---|---|---|---|
| 5 | 10.5 | (16–10.5) = 5.5 | $\frac{1}{5} \cdot \frac{5.5}{16 \times 10.5} = 6.55 \times 10^{-3}$ L $mo^{-1}$ $min^{-1}$ |
| 15 | 6.25 | (16-6.25) =9.75 | $\frac{1}{15} \cdot \frac{9.75}{16 \times 6.25} = 6.50 \times 10^{-3}$ L $mo^{-1}$ $min^{-1}$ |
| 25 | 4.5 | (16-4.5) =11.5 | $\frac{1}{25} \cdot \frac{11.5}{16 \times 4.5} = 6.39 \times 10^{-3}$ L $mo^{-1}$ $min^{-1}$ |
| 35 | 3.62 | (16-3.62) =12.38 | $\frac{1}{35} \cdot \frac{12.38}{16 \times 3.62} = 6.11 \times 10^{-1}$ L $mo^{-1}$ $min^{-1}$ |

এখন হিসাবকৃত k-এর মান যেহেতু পরীক্ষাগত ত্রুটির মধ্যে ধ্রুবক, তাই বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া।

http://pdfcorner.com

## ১৩.১৫। প্রথম ক্রম ও দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার তুলনা
**Comparison of First & Second Order Reaction**

প্রথম ক্রম ও দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে তালিকাবদ্ধ করে তুলনা করা হল।

| বিষয়বস্তু | প্রথম ক্রম বিক্রিয়া | দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া |
|---|---|---|
| ১। বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক, k ঃ | ১। $k = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{(a-x)}$ $= \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$ | ১। $k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a \times (a-x)}$ বা, $\frac{1}{(a-x)} = kt + \frac{1}{a}$ |
| ২। বিক্রিয়ার ধ্রুবকের হার একক ঃ | ২। সময়$^{-1}$ যেমন, $s^{-1}, min^{-1}$ | ২। ঘনমাত্রা$^{-1}$ সময়$^{-1}$ যেমন, $L\ mol^{-1}s^{-1}$ |
| ৩। অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}}$ ঃ | ৩। ঘনমাত্রার প্রাথমিক মানের উপর নির্ভর করে না। $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$ | ৩। ঘনমাত্রার প্রাথমিক মানের ব্যস্তানুপাতিক। $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k} \times \frac{1}{a}$ |
| ৪। সময়ের সাথে ঘনমাত্রা পরিবর্তন ঃ | ৪। t এর সাথে $\log \frac{a}{(a-x)}$ সরল রৈখিকভাবে হ্রাস পায়। | ৪। t এর সাথে $\frac{1}{(a-x)}$ সরলরৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায়। |

## ১৩.১৬ প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক k -এর মান নির্ণয়
**Determination of the Rate Constant k of Ist order reaction**

**(i) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ প্রয়োগ পদ্ধতি ঃ**

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ হল নিম্নরূপ ঃ

$$k = \frac{2.303}{t} \cdot \log \frac{a}{a-x};$$

অথবা, $$k = \frac{2.303}{t} \cdot \log \frac{c_o}{c};$$

সুতরাং এই দুটির যে কোন একটি সমীকরণ ব্যবহার করে প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার k-এর মান নির্ণয় করা যায়। উপরের প্রথম সমীকরণ–এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা a এবং t সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাসের পরিমাণ 'x' জেনে নিয়ে সহজেই k এর মান হিসাব করা যায়। অথবা উপরের দ্বিতীয় সমীকরণ ব্যবহার করতে হলে, সেক্ষেত্রে $c_o$, c এবং t জেনে নিতে হবে এবং এসব মান উক্ত সমীকরণে বসিয়ে k-র মান হিসাব করতে হবে।

**(ii) লেখচিত্র পদ্ধতি ঃ** এখন প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণদ্বয়কে নিম্নরূপে সাজিয়ে লেখা যায় –

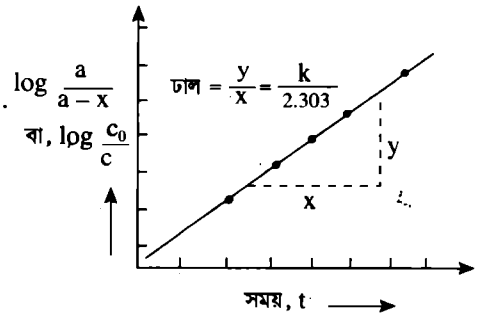
$$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)} \quad \text{বা, } \log \frac{a}{a-x} = \frac{k}{2.303} \times t \quad \text{বা, } \log a - \log(a-x) = \frac{k}{2.303} \times t$$

$$\text{বা, } \log (a-x) = \frac{-k}{2.303} \times t + \log a \quad (1)$$

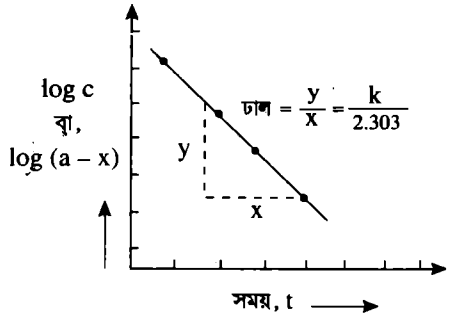
$$\text{অথবা, } K = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{c_o}{c} \quad \text{বা, } \log \frac{c_o}{c} = \frac{k}{2.303} \times t; \quad \text{অথবা, } \log c = \frac{-k}{2.303} \times t + \log c_o \quad (2)$$

আবার উপরিউক্ত উভয় সমীকরণ $y = mx$ শ্রেণীর সরলরেখার সমীকরণ হয়। তাই সময় t-এর বিপরীতে $\log \frac{a}{a-x}$ অথবা $\log \frac{c_o}{c}$ এর লেখ অঙ্কন করলে যে সরলরেখা পাওয়া যাবে তার ঢাল হবে $\frac{k}{2.303}$ এবং তা থেকে সহজেই k এর মান হিসাব করা যাবে।

http://pdfcorner.com




চিত্র ১৩.১০ ঃ $\log \frac{a}{a-x}$ বা , $\log \frac{c_0}{c}$ এর বিপরীতে সময় ;




চিত্র ১৩.১১ঃ log c বা, log(a − x) এর বিপরীতে সময়

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণকে উপরোক্ত পরিবর্তিতরূপে লেখা যায়,

$$\log (a-x) = -\left(\frac{k}{2.303}\right) \times t + \log a$$

$$\log c = -\left(\frac{k}{2.303}\right) \times t + \log c_0$$

অর্থাৎ উভয় সমীকরণ $y = mx + c$ শ্রেণীর সরলরেখার সমীকরণ বটে।

উপরিউক্ত উভয় সমীকরণ অনুসারে log (a − x) বা, log c এর বিপরীতে t বসিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করে প্রাপ্ত সরলরেখার ঢাল হবে $\frac{-k}{2.303}$ । প্রাপ্ত ঢাল থেকে k এর মান হিসাব করা যায়। সুতরাং প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক হল পরীক্ষালব্ধ রাশি।

## ১৩·১৬.১ । দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক k-এর মান নির্ণয়

**Determination of Rate Constant of 2nd order reaction**

দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ হল নিম্নরূপ ঃ

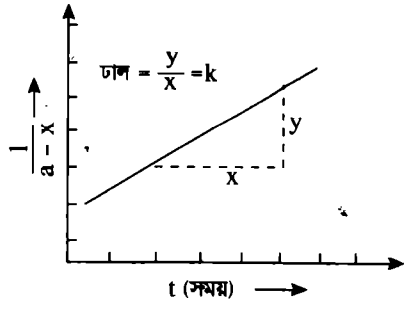
$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$$

বা, $kt = \frac{x}{a(a-x)} = \frac{1}{(a-x)} - \frac{1}{a}$

বা, $\frac{1}{(a-x)} = kt + \frac{1}{a}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি হল ঃ | 2A | বিক্রিয়ক | → B (উৎপাদ) |
| প্রাথমিক ঘনমাত্রা ঃ | a mol | | 0 |
| t সময় পর ঘনমাত্রা ঃ | (a − x) mol | | x mol |

উপরিউক্ত সমীকরণটি $y = mx + c$ শ্রেণীর; তাই বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা a এবং t সময় পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা (a − x) জেনে নিয়ে ঘনমাত্রা $\frac{1}{(a-x)}$ বনাম সময় t এর লেখ অংকন করলে যে সরলরেখা পাওয়া যাবে তার ঢাল হবে k এর সমান। (চিত্র ১৩.১২)। সুতরাং দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক একটি পরীক্ষালব্ধ রাশি।




চিত্র ১৩.১২ ঃ ঘনমাত্রা $\frac{1}{(a-x)}$ বনাম সময়, t

http://pdfcorner.com

## ১৩.১৭। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংঘর্ষ তত্ত্ব
### Collision Theory of Chemical Reaction

**সংঘর্ষ তত্ত্ব ঃ** গ্যাসীয় অবস্থায় দ্বি–আণবিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সংঘর্ষ তত্ত্ব দ্বারা বিক্রিয়ার ধারা ব্যাখ্যা করা প্রথমত সম্ভব হলেও তা দ্রবণে বিক্রিয়কসমূহের বেলায়ও সমভাবে কার্যকরী প্রমাণিত হয়।

**বিক্রিয়া সংঘটনের** (১) প্রথম শর্ত হল ⟶ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কণাগুলো যেমন অণু, পরমাণু বা আয়ন–এর মধ্যে সংঘর্ষ হতে হবে।

(২) দ্বিতীয় শর্ত হল ⟶ বিক্রিয়ক পদার্থের মধ্যে সংঘটিত "সংঘর্ষ" অবশ্যই একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম শক্তি সহযোগে হতে হবে।

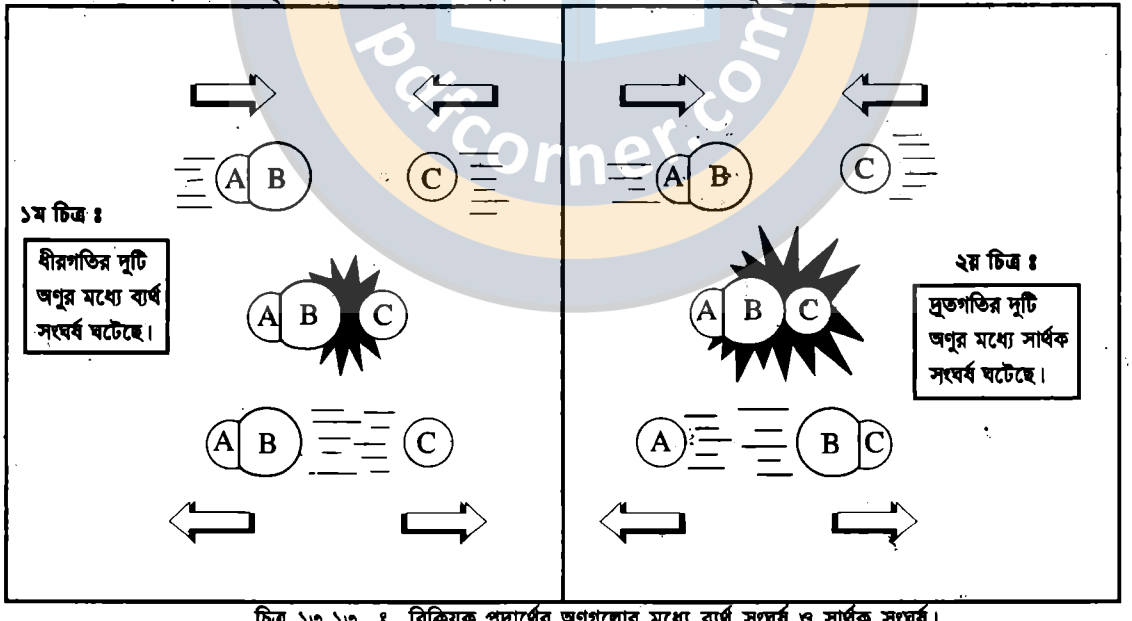
(৩) তৃতীয় শর্ত হল ⟶ বিক্রিয়ক পদার্থের মধ্যে সংঘর্ষ একটি নির্দিষ্ট দিক বিন্যাস সহযোগে হতে হবে।

**উপরিউক্ত শর্তগুলোকে অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।** যেমন–

$$k = p.\ Z.\ e^{-Ea/RT}$$

rate constant হার ধ্রুবক | steric factor [ স্থানিক দিক বিন্যাস ] | collision rate [ সংঘর্ষ হার ] | activation energy [ সক্রিয়ণ শক্তি ]

**ব্যাখ্যা ঃ** প্রথম শর্ত ও দ্বিতীয় শর্ত মতে বিক্রিয়কগুলোর মধ্যে সংঘর্ষ ঘটতে হবে এবং সংঘর্ষটি একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম শক্তি সহকারে হতে হবে। ফলে বিক্রিয়ক অণু বা কণাগুলো একে অপরের সাথে ধাক্কা খেয়ে পুরাতন বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষকে নিম্নরূপে দেখানো যায়–




চিত্র ১৩.১৩ ঃ বিক্রিয়ক পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে ব্যর্থ সংঘর্ষ ও সার্থক সংঘর্ষ।

চিত্র থেকে সুস্পষ্ট যে, ১ম চিত্রে পর্যাপ্ত শক্তি সহকারে সংঘর্ষ না ঘটায় অণুর পুরাতন বন্ধনের ভাঙন ঘটেনি। অণুগুলো ফিরে গেছে পূর্বের অবস্থায়। কিন্তু ২য় চিত্রে পর্যাপ্ত শক্তি সহকারে উভয় অণুর মধ্যে সংঘর্ষ ঘটেছে। তাই A ও B এর মধ্যবর্তী পুরাতন বন্ধন ভেঙে নতুনভাবে B ও C–এর মধ্যে বন্ধন সৃষ্টি হওয়ায় নতুন অণু BC উৎপন্ন হয়েছে। এক্ষেত্রে গতিশক্তি স্থিতিশক্তি রূপে বন্ধন শক্তিতে রূপান্তরিত হয়েছে।

http://pdfcorner.com

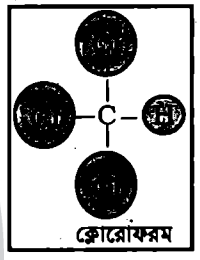
এখন তৃতীয় শর্ত মতে এ সংঘর্ষ উপযুক্ত শক্তিতে অণুর নির্দিষ্ট দিক থেকে ঘটতে হয়। এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ ঃ

কোন বিক্রিয়ক অণুর যে দিকে বড় গ্রুপ বা পরমাণু থাকে তার বিপরীত দিক থেকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে অপর বিক্রিয়ক কণাগুলোর সংঘর্ষ ঘটলে তখন বিক্রিয়া ঘটতে পারে; নতুবা বিক্রিয়া ঘটবে না। **বড় গ্রুপের স্থানিক বিন্যাসের কারণে আক্রমণকারী বিক্রিয়ক যে বাধা পায়, একে বড় গ্রুপ কর্তৃক স্থানিক বাধা বা স্টেরিক বাধা (steric hindrance) বলা হয়।** যেমন–

ক্লোরোফরম ($CHCl_3$) অণুতে একটি কার্বন পরমাণুর সাথে তিন দিক থেকে তিনটি বড় আকারের ক্লোরিন পরমাণু ও অপরদিকে একটি ছোট আকারের H-পরমাণু যুক্ত আছে। আলোর উপস্থিতিতে $CHCl_3$ এবং $Cl_2$ এর বিক্রিয়াকালে প্রথমে ক্লোরিন অণু ($Cl_2$) আলো শক্তির প্রভাবে বিযোজিত হয়ে অধিক সক্রিয় ক্লোরিন পরমাণু বা ফ্রি–রেডিকেলে পরিণত হয়।

এখন অধিক সক্রিয় ক্লোরিন পরমাণু প্রত্যাশিত শক্তি নিয়ে $CHCl_3$ অণুকে আক্রমণ করলেও তাদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটবে কি ঘটবে না তা নির্ভর করে সংঘর্ষকালীন ক্লোরোফরম অণুর H-পরমাণুর ও Cl-পরমাণুর সঠিক দিক বিন্যাসের উপর। ক্লোরোফরম অণুর যে দিকে H-পরমাণু থাকে সেদিকে Cl-পরমাণুর আক্রমণ ঘটলে, তবেই বিক্রিয়া ঘটবে। অন্য তিনদিকে আক্রমণ করলে বিক্রিয়া ঘটবে না।

চিত্র . ১৩.১৪ ঃ $CHCl_3$ অণুর যেদিকে H-পরমাণু থাকে, সেদিকে Cl-পরমাণুর সার্থক সংঘর্ষ ঘটতে হবে।




$CHCl_3$ অণুতে পরমাণুগুলোর স্থানিক বিন্যাস।

$$Cl_2 \text{ বা, } Cl{\bullet\bullet} Cl \xrightarrow[\text{আলো}]{h\vartheta} Cl\bullet + \bullet Cl$$

ক্লোরিন অণু ক্লোরিন পরমাণু

$$Cl_3C{\bullet\bullet}H + \bullet Cl \longrightarrow Cl_3C\bullet + H{\bullet\bullet}Cl$$

$$Cl_3C\bullet + Cl{\bullet\bullet}Cl \longrightarrow CCl_4 + Cl\bullet$$

$$Cl_3C\bullet + \bullet Cl \longrightarrow Cl_3C{\bullet\bullet}Cl \text{ বা, } CCl_4$$

**সুতরাং সংঘর্ষ তত্ত্বের সারকথা ঃ** (i) বিক্রিয়ক কণাগুলোর মধ্যে ন্যূনতম শক্তির সংঘর্ষ ঘটবে; যা দ্বারা পুরাতন বন্ধন ভাঙবে এবং নতুন বন্ধন গড়বে। (ii) স্থানিক সঠিক দিক থেকে সংঘর্ষ ঘটতে হবে।

## ১৩.১৮। রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব
### Transition State theory of Chemical Reaction

**সক্রিয়ণ শক্তি ও সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ (activation energy and activated complex) ঃ** বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কীয় বিজ্ঞানী অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ $k = A.\ e^{-Ea/RT}$ মতে, যে সব অণু বিক্রিয়ায় অংশ নেবে তাদেরকে বিক্রিয়কসমূহের গড় শক্তির চেয়ে বেশি এবং নির্দিষ্ট শক্তিসম্পন্ন হতে হবে; অন্যথায় বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে কোনরূপ বিক্রিয়া সম্ভবপর নয়। পারস্পরিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোনভাবে সিস্টেমে উপস্থিত অণুর একটি অংশ বিক্রিয়ার কোন এক বিশেষ মুহূর্তে অতিরিক্ত মানের কিছু শক্তি লাভ করে এবং সক্রিয় অণুতে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়ক অণু দ্বারা লব্ধ এ অতিরিক্ত মানের শক্তিই হল সক্রিয়ণ শক্তি।

**(ক) সক্রিয়ণ শক্তির সংজ্ঞা ঃ**

**কোন বিক্রিয়ায় পারস্পরিক আণবিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোন উপায়ে বিক্রিয়কের একটি অংশ বিক্রিয়কের গড়শক্তি অপেক্ষা যে পরিমাণ অধিক শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণের উপযুক্ততা অর্জন**

http://pdfcorner.com

**করে, তাকে ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বলে। বিক্রিয়কের যে অণুসমূহ উক্ত সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে তাদেরকে বলা হয় সক্রিয় অণু।** সক্রিয় অণুগুলোই কেবল বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে এবং অবশিষ্ট অণুগুলো সক্রিয়ণকৃত না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে না।

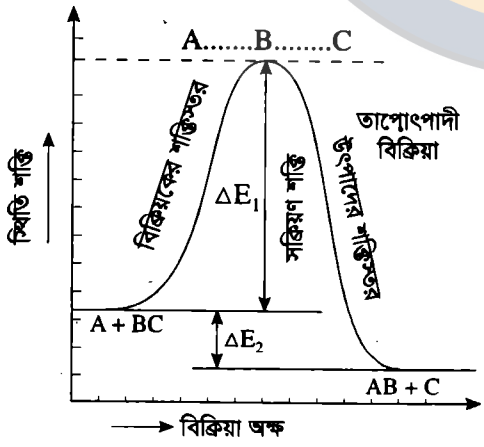
প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করার পর যখন দুটি সক্রিয় অণু পরস্পর নিকটে আসে, তখন তারা তাদের মধ্যস্থ পূর্বের বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন গড়তে থাকে। উভয় সক্রিয় অণুর মধ্যস্থ বন্ধন ভাঙ্গা–গড়ার ক্ষণস্থায়ী এরূপ অবস্থাকে **সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ** (activated complex) গঠন অবস্থা বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার তাদের প্রস্তুতির উপর নির্ভর করে। পরে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ নির্দিষ্ট হারে বিযোজিত হয়ে উৎপাদ সৃষ্টি করে। উদাহরণস্বরূপ নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যাক।

এখানে A অণু যখন BC এর নিকটে আসতে থাকে তখন B ও C এর মধ্যকার বন্ধন ক্রমশ দুর্বল হবে এবং A ও B এর মধ্যে নতুন বন্ধন সৃষ্টি হতে থাকবে। শেষে A, B ও C একত্রে একটি সক্রিয়ণকৃত জটিল সৃষ্টি করবে, যা বিযোজিত হয়ে বিক্রিয়ার উৎপাদ তৈরি করবে।

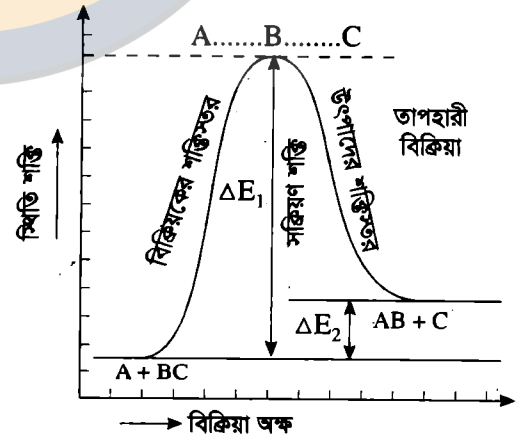
$$\underset{\text{সক্রিয় অণু}}{A} + \underset{\text{সক্রিয় অণু}}{B\text{-}C} \longrightarrow \underset{\text{সক্রিয়ণকৃত জটিল}}{A.....B.....C} \longrightarrow \underset{\text{উৎপাদ}}{A\text{-}B} + C$$

সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগের স্থিতিশক্তি বিক্রিয়ক বা উৎপাদ অপেক্ষা বেশি এবং সর্বোচ্চ। বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবার সময় স্থিতিশক্তির পরিবর্তন ঘটে। A + BC এবং সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগের মধ্যে শক্তির পার্থক্যই হল সক্রিয়ণ শক্তি $\Delta E_1$।

**বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা ও শক্তি–পর্বত ঃ** বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদে পরিণত হতে হলে বিক্রিয়ককে অবশ্যই একটি 'শক্তির বাধা' অতিক্রম করতে হবে। শক্তির এ বাধাকে **শক্তি–পর্বত** (energy-hill) বলে। সক্রিয় অণু দ্বারা 'শক্তি–পর্বত' অতিক্রমের চূড়ান্ত পর্যায়ে অর্থাৎ যে অবস্থায় সক্রিয় অণুগুলো উৎপাদ অণুতে রূপান্তরিত হতে শুরু করে সে মুহূর্তে একদিকে পরমাণুগুলোর মধ্যে পূর্বের বন্ধনের ভাঙন ঘটে। অপরদিকে ঐ সব পরমাণুর মধ্যে নতুন বন্ধন গঠন শুরু হয়। সক্রিয় অণুগুলোর মধ্যে পূর্বের বন্ধন ভাঙন ও নতুন বন্ধন গঠনের এরূপ অবস্থাকে **বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা** বলা হয়। বিক্রিয়ার এ অবস্থান্তর অবস্থাকে **সক্রিয়ণকৃত জটিল গঠন অবস্থাও** বলা হয়। শক্তি পর্বতের শীর্ষে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ এবং বামদিকের পাদদেশে বিক্রিয়ক এবং ডান দিকের পাদদেশে উৎপাদ অবস্থান করে। পাদদেশে অবস্থানকালে বিক্রিয়কের শক্তি ও উৎপাদের শক্তির পার্থক্য হল **বিক্রিয়ার এনথালপি** ($\Delta E_2$)। যদি বিক্রিয়কের শক্তিস্তর অপেক্ষা উৎপাদের শক্তিস্তর নিচে হয় [চিত্র ঃ ১৩.১৫ (ক)] তবে বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী এবং বিক্রিয়কের শক্তিস্তর অপেক্ষা উৎপাদের শক্তিস্তর উপরে থাকলে বিক্রিয়াটি তাপহারী [চিত্র ১৩.১৫ (খ)] হবে।




চিত্র ঃ ১৩.১৫ (ক)




চিত্র ঃ ১৩.১৫ (খ)

**চিত্র ১৩.১৫ ঃ স্থিতিশক্তি বনাম বিক্রিয়া অক্ষ বা ধারা**
**[ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি ও অবস্থান্তর অবস্থা ]**

http://pdfcorner.com

**(খ) বিক্রিয়ার হার ও সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রার মধ্যে সম্পর্ক ঃ** সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ যে হারে গঠিত হবে মোট বিক্রিয়াটির পরীক্ষালব্ধ হার তার সমান হবে। অতএব, **যে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বেশি তার গতির হার কম হবে এবং যে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কম তার গতির হার বেশি হবে।** কেননা, সক্রিয়ণ শক্তি বেশি হলে একটি অণুর পক্ষে সে পরিমাণ শক্তি সংগ্রহ করা কষ্টকর হয়ে পড়ে। অন্যকথায় বলা যায়, বিক্রিয়ক অণুসমূহের মধ্যে খুবই কম সংখ্যক অণু প্রয়োজনীয় অধিক শক্তি সম্পন্ন হয়ে সক্রিয় অণুতে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে; ফলে ঐ বিক্রিয়ার হার কম হয়। অপরদিকে সক্রিয়ণ শক্তি কম হলে একই সময়ে অনেক বেশি সংখ্যক অণু প্রয়োজনীয় কম শক্তি সম্পন্ন হয়ে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। ফলে ঐ বিক্রিয়ার হার বেশি হয়। সুতরাং বিক্রিয়ার হার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।

## ১৩·১৯ কয়েক ধাপে বিক্রিয়া সংঘটন
### Reactions in Several Steps

অনেক বিক্রিয়াই এক ধাপে সংঘটিত হয় না, সেগুলো একাধিক ধাপে সম্পন্ন হয়।
উদাহরণস্বরূপ মৃদু সূর্যালোকে মিথেনের সাথে অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + 4Cl_2 \xrightarrow{h\upsilon} CCl_4 + 4HCl$$

এ বিক্রিয়াটি এক ধাপে সংঘটিত হয় না; তা নিম্নোক্ত চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\upsilon} CH_3Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow CCl_4 + HCl$$

**এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে মধ্যবর্তী যৌগসমূহ পৃথক করা সম্ভব।** তবে অনেক বিক্রিয়ায় মধ্যবর্তী যৌগসমূহ এতো কম সময়ের জন্য সৃষ্টি হয় যে তাদের পৃথক করা সম্ভব হয় না। তখন সামগ্রিক বিক্রিয়ার গতি **যে ধাপটি সবচেয়ে ধীর গতির তা দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।** কেননা সামগ্রিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হতে হলে সব ধাপ সম্পন্ন হতে হবে। সুতরাং দ্রুতগতিসম্পন্ন ধাপগুলো অল্প সময়ে সম্পন্ন হলেও সবচেয়ে ধীর গতির ধাপ সম্পন্ন না হলে সামগ্রিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় না।

## ১৩.২০ প্রভাবক বা অনুঘটক
### Catalyst

অনেক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, বিক্রিয়া চলাকালে বিক্রিয়ার সাথে সম্পর্কহীন অপর কোন পদার্থ সিস্টেমে যোগ করলে বা উপস্থিত থাকলে বিক্রিয়াটির গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। ১৮৩৫ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস এরূপ পদার্থকে Catalyst বা প্রভাবক নামকরণ করেন। প্রভাবকের সংজ্ঞা মোটামুটিভাবে নিম্নরূপ।

**সংজ্ঞা ঃ যে পদার্থ অল্প পরিমাণে বিক্রিয়কের সংস্পর্শে উপস্থিত থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি অথবা হ্রাস করে এবং বিক্রিয়া শেষে নিজে গঠন ও ভরে অপরিবর্তিত থাকে তাকে প্রভাবক বা অনুঘটক বলে। প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতি প্রভাবান্বিত করার প্রক্রিয়াকে প্রভাবন (catalysis) বলে।** যেমন– সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ($MnO_2$)-এর উপস্থিতি পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতির বিক্রিয়াকে দ্রুততর করে।

$$2KClO_3 \xrightarrow[\Delta]{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

**প্রভাবকের বৈশিষ্ট্য ঃ** প্রভাবকের নিজস্ব কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। এসব বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ ঃ

১। প্রভাবকের নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার বেগকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে পারে; কিন্তু বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক মুহূর্তে বা সমাপ্তিতে তার কোন ভূমিকা নেই।

২। প্রভাবকের কার্যকারিতা সুনির্দিষ্ট। নির্দিষ্ট বিক্রিয়ায় একটি প্রভাবক কাজ করে।

৩। বিক্রিয়ার শেষে প্রভাবকের রাসায়নিক গঠন ও ভর অপরিবর্তিত থাকে।

৪। প্রভাবন কাজে সামান্য পরিমাণ প্রভাবকই যথেষ্ট।



http://pdfcorner.com

৫। প্রভাবক বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির পরিমাণ হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটিয়ে বিক্রিয়ার বিকল্প পথ সৃষ্টি করে।

৬। কোন উভমুখী বিক্রিয়ার গতির উপর প্রভাবকের প্রভাব থাকলেও সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে না।

৭। প্রভাবকসমূহ হল মূলত d-ব্লক ধাতব মৌল ও তাদের যৌগসমূহ। এছাড়া অষ্টক অপূর্ণ যৌগসমূহ যেমন NO, $Al_2O_3$ প্রভাবকরূপে কাজে করে।

## ১৩.২০.১। প্রভাবকের শ্রেণীবিভাগ
### Classification of Catalysts

কার্যভিত্তিক প্রভাবসমূহকে নিম্নোক্ত চার শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়।

(১) **ধনাত্মক প্রভাবক ঃ** যে প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক গতিকে আরো বৃদ্ধি করে, তাকে ধনাত্মক প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে ধনাত্মক প্রভাবন বলে। যেমন, পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) কে উত্তপ্ত করে $O_2$ গ্যাস প্রস্তুতকালে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ($MnO_2$) ধনাত্মক প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে।

$$2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta,\ MnO_2} 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

২। **ঋণাত্মক প্রভাবক ঃ** যে প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক গতিকে হ্রাস করে, তাকে ঋণাত্মক প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে ঋণাত্মক প্রভাবন বলে। যেমন, $H_2O_2$ কক্ষতাপমাত্রায় বিযোজিত হয়ে পানি ও $O_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু কয়েক ফোঁটা ফসফরিক এসিড $H_3PO_4$ যোগ করলে $H_2O_2$ এর বিযোজন হ্রাস পায়।

$$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{25^\circ C} 2H_2O(\ell) + O_2(g)\ \text{[স্বাভাবিক বিযোজন]}$$

$$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{H_3PO_4} 2H_2O(\ell) + O_2(g)\ \text{[বিযোজন মন্থর]}$$

৩। **অটো প্রভাবক বা স্ব–প্রভাবক ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের একটি নিজেই প্রভাবকের ধর্ম সম্পন্ন হয় এবং তা নিজেই ঐ বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে, তাকে অটো প্রভাবক বা স্ব–প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে অটো প্রভাবন বলা হয়। যেমন, অক্সালিক এসিডের দ্রবণে $H_2SO_4$ মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করলে প্রথমে পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ ধীরে ধীরে দূর হয়। কিন্তু কিছুক্ষণ পরেই দ্রবণে কিছু $Mn^{2+}$ আয়ন উৎপন্ন হওয়া মাত্রই $KMnO_4$ দ্রবণের গোলাপী বর্ণ দ্রুত দূর হয়। এক্ষেত্রে উৎপন্ন $MnSO_4$-এর ম্যাঙ্গানাস আয়ন ($Mn^{2+}$) স্ব–প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে এবং এর ক্রিয়াকে স্ব–প্রভাবন বলা হয়।

$$5(COOH)_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

অক্সালিক এসিড  K-পারম্যাঙ্গানেট

৪। **আবিষ্ট প্রভাবক ঃ** কোন বিক্রিয়ার একটি বিশেষ বিক্রিয়কের প্রভাবে তার অপর বিক্রিয়কের সাথে তৃতীয় কোন পদার্থের বিক্রিয়া ঘটে; কিন্তু পৃথকভাবে তাদের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না। তখন ঐ বিশেষ বিক্রিয়কটিকে পরের বিক্রিয়ার আবিষ্ট প্রভাবক বলে এবং তার এরূপ ক্রিয়াকে আবিষ্ট প্রভাবন বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম সালফাইট ($Na_2SO_3$) এর দ্রবণে $O_2$ গ্যাস চালনা করলে $Na_2SO_3$ জারিত হয়ে $Na_2SO_4$ উৎপন্ন হয়; কিন্তু অনুরূপ অবস্থায় সোডিয়াম আর্সেনাইট ($Na_3AsO_3$) অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না। অথচ সোডিয়াম সালফাইট ও আর্সেনাইটের মিশ্র দ্রবণে $O_2$ গ্যাস চালনা করলে উভয়েই জারিত হয়।

পৃথকভাবে ঃ $2Na_2SO_3(aq) + O_2(g) \longrightarrow 2Na_2SO_4(aq)$

$Na_3AsO_3(aq) + O_2(g) \longrightarrow$ কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

মিশ্রিতভাবে ঃ $(Na_2SO_3(aq) + Na_3AsO_3(aq)) + O_2(g) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + Na_3AsO_4(aq)$

এক্ষেত্রে সোডিয়াম সালফাইটের প্রভাবে সোডিয়াম আর্সেনাইট জারিত হয়। তাই এক্ষেত্রে $Na_2SO_3$ হল আবিষ্ট প্রভাবক।

http://pdfcorner.com

## ১৩.২০.২। প্রভাবক বিষ ও প্রভাবক সহায়ক
### Catalyst Poison and Catalyst Promoter

**(১) প্রভাবক বিষ ঃ যে সব পদার্থের উপস্থিতির কারণে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এমনকি বন্ধ হয়েও যায় তাদেরকে প্রভাবক বিষ বলে।**

সাধারণত ধূলাবালি, সালফার গুড়া, আর্সেনিক অক্সাইড ($As_2O_3$) ইত্যাদি প্রভাবক বিষরূপে কাজ করে। যেমন, স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এসিডের শিল্পোৎপাদন-কালে প্লাটিনাম ধাতু প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। যদি $SO_2$ এর সাথে সামান্য পরিমাণে আর্সেনিক অক্সাইড ($As_2O_3$) উপস্থিত থাকে, তবে তা প্লাটিনামের প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাস করে দেয়। এক্ষেত্রে $As_2O_3$ প্রভাবক বিষ হিসেবে কাজ করে।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[\Delta]{Pt} 2SO_3(g)$$

**(২) প্রভাবক সহায়ক বা প্রভাবক প্রমোটর ঃ যে সব পদার্থের উপস্থিতির কারণে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় তাদেরকে প্রভাবক সহায়ক বা প্রভাবক প্রমোটর বলে। যেমন,**

হেবার পদ্ধতিতে $N_2$ গ্যাস $H_2$ গ্যাস থেকে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুতকালে সামান্য পরিমাণ মলিবডেনাম ধাতুর চূর্ণ লৌহচূর্ণ প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি করে। সুতরাং এক্ষেত্রে Mo ধাতু Fe প্রভাবকের সহায়ক।

$$N_2(g) + 3H_2(g) \underset{Mo}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g)$$

## ১৩·২১। সমসত্ত্ব প্রভাবন ও অসমসত্ত্ব প্রভাবন
### Homogeneous and Heterogeneous Catalysis

**সমসত্ত্ব প্রভাবন ঃ যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকসহ বিক্রিয়ার সকল পদার্থ একই দশায় (Phase) বা ভৌত অবস্থায় বর্তমান থাকে তাকে সমসত্ত্ব প্রভাবন বলে।**

**উদাহরণ ঃ**

**(i) গ্যাসীয় দশার ক্ষেত্রে ঃ লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ উৎপাদনে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভাবকের** উপস্থিতিতে বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন দ্বারা সালফার ডাইঅক্সাইডের জারণ ঘটে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদ সকলেই গ্যাসীয় দশায় বর্তমান আছে। তাই এটি একটি সমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{NO(g)} 2SO_3(g)$$

**(ii) তরল দশার ক্ষেত্রে ঃ** সুক্রোজ বা ইক্ষুচিনির আর্দ্র বিশ্লেষণে খনিজ এসিড প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক এবং উৎপাদক সবই তরল দশায় বর্তমান আছে। এটি একটি সমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ।

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}(aq)} + H_2O(\ell) \xrightarrow{H^+(aq)} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6(aq)} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6(aq)}$$

**অসমসত্ত্ব প্রভাবন ঃ যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকটি সিস্টেমের অন্যান্য উপাদান অপেক্ষা ভিন্ন দশায় থাকে তাকে অসমসত্ত্ব প্রভাবন বলে।** অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রভাবক কঠিন দশায় এবং বিক্রিয়ক তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

**উদাহরণ ঃ** (i) সূক্ষ্ম প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে **সংস্পর্শ পদ্ধতিতে** $SO_2$-এর জারণ ঘটে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদ ভিন্ন ভিন্ন ভৌত দশায় আছে। এটি একটি অসমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt\ (\text{কঠিন})} 2SO_3(g)$$

(ii) জলীয় দ্রবণে ব্লিচিং পাউডারের বিযোজন ক্রিয়া নিকেল অক্সাইড গুঁড়া (NiO) দ্বারা প্রভাবিত হয়। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন ভিন্ন ভিন্ন ভৌত দশায় আছে।

$$2Ca(OCl)Cl(aq) \xrightarrow{NiO(S)} 2CaCl_2(aq) + O_2(g)$$

http://pdfcorner.com

## ১৩·২২। প্রভাবনের ক্রিয়া-কৌশল
### Mechanism of Catalysis

তোমরা নিশ্চয়ই অবাক হয়ে ভাবছ প্রভাবক কোন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না করেও কীভাবে তা প্রভাবান্বিত করে। প্রকৃতপক্ষে প্রভাবকসমূহ বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রভাবন কাজ করে। এসব প্রক্রিয়াকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন প্রক্রিয়া (Formation of intermediate compound)

(খ) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন (Catalysis through adsorption)

**(ক) অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন ঃ** সমসত্ত্ব প্রভাবনের ক্ষেত্রে অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন কৌশল কার্যকর। এ কৌশলের মূল কথা হচ্ছে প্রভাবক কোন একটি বিক্রিয়কের সাথে বিক্রিয়া করে অস্থায়ী অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে। এরপর এ যৌগটি অন্য বিক্রিয়কের সাথে বিক্রিয়া করে উৎপাদ তৈরি করে, সে সাথে প্রভাবকের পুনর্জন্ম (regeneration) হয়। এ প্রভাবক আবার একইভাবে বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ সামগ্রিক বিক্রিয়া কয়েক ধাপে অনুষ্ঠিত হয়, প্রথম ধাপে প্রভাবক নিঃশেষিত হয়। শেষ ধাপে তা পুনরায় সৃষ্টি হয়। ফলে প্রভাবকের সামগ্রিক পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে।

উদাহরণস্বরূপ, NO গ্যাস প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাসের জারণ বিক্রিয়া অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন কৌশল দ্বারা ব্যাখ্যা করা হল। প্রথম ধাপে নাইট্রিক অক্সাইড প্রথম বিক্রিয়ক অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে। এই নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড হচ্ছে অন্তর্বর্তী যৌগ। এটি দ্বিতীয় বিক্রিয়ক সালফার ডাইঅক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে মূল উৎপাদ সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে, সাথে নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় সৃষ্টি হয়।

(১) $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

প্রভাবক বিক্রিয়ক–১ অন্তর্বর্তী যৌগ

(২) $2NO_2(g) + 2SO_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) + 2NO(g)$

অন্তর্বর্তী যৌগ বিক্রিয়ক–২ উৎপাদ প্রভাবক

নিট বিক্রিয়া ঃ $2NO(g) + 2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) + 2NO(g)$

বা, $2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{NO(g)} 2SO_3(g)$

**(খ) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন ঃ** অসমসত্ত্ব প্রভাবনের বেলায় অধিশোষণ দ্বারা নিম্নোক্ত চার ধাপে প্রভাবন কৌশল শেষ হয়। নিচের বিক্রিয়া দ্বারা তা ব্যাখ্যা করা হল। $A(g) + B(g) \xrightarrow{Fe} C(g) + D(g)$

**১ম ধাপ ঃ** গ্যাসীয় বিক্রিয়ক অণুগুলো (A ও B) সঠিক স্থানিক বিন্যাস মতে কঠিন প্রভাবক (Fe) এর পৃষ্ঠতলে রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। অর্থাৎ ধাতুর খালি d -অরবিটালের সাথে দুর্বল রাসায়নিক বন্ধন সহকারে এক–আণবিক স্তর সৃষ্টি করে।

**২য় ধাপ ঃ** এ ধাপে অধিশোষিত অবস্থায় অণুর সমযোজী বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ে। সঠিক স্থানিক বিন্যাসের ফলে পাশাপাশি অণুর মধ্যে সার্থক সংঘর্ষ সংখ্যা বেড়ে যায় এবং নিম্নশক্তির সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ গঠন করে।

**৩য় ধাপ ঃ** এ ধাপে অস্থায়ী সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ বিযোজিত হয়ে নতুন অণু সৃষ্টি হয় এবং প্রভাবক পৃষ্ঠে তখনও আটকে থাকে। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ধাতব প্রভাবকে শোষিত এবং পরে তা বিক্রিয়ক অণুকে যোগান দেয়।

**৪র্থ বা শেষ ধাপ ঃ** শেষ ধাপে উৎপাদ অণুসমূহ (C ও D) প্রভাবকের পৃষ্ঠতল থেকে বিমুক্ত হয়।

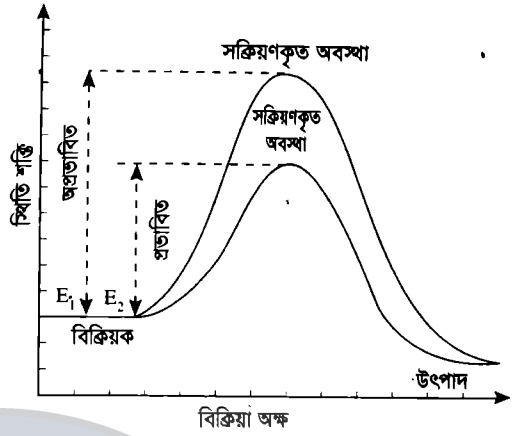
**উদাহরণ ঃ হেবার পদ্ধতিতে** নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হতে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে আয়রন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। এ সময় প্রথমে আয়রন চূর্ণের পৃষ্ঠতলে $N_2$ ও $H_2$ রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। এর ফলে $N_2$ এবং $H_2$ অণুর মধ্যেকার $N \equiv N$ ও H–H বন্ধনের দৃঢ়তা হ্রাস পায়। ফলে অধিকতর সহজভাবে তারা প্রথমে NH এবং পরে দ্রুত $NH_2$ ও সবশেষে $NH_3$ অণু উৎপন্ন করে এবং প্রভাবকের পৃষ্ঠতল থেকে মুক্ত হয়।

## ১৩.২৩। প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি
### Activation Energy of Catalysed Reaction

প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা ও অপ্রভাবিত অবস্থায় ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কীরূপ হয় তা চিত্র ১৩.১৬–এ সন্নিবেশিত হল। চিত্র থেকে দেখা যায় যে, প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি অপ্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি অপেক্ষা কম। অর্থাৎ প্রভাবকের উপস্থিতির কারণে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কমে। অতএব প্রভাবকের বিকল্প সংজ্ঞা নিম্নরূপে সংজ্ঞায়িত করা যায় ঃ

http://pdfcorner.com

**প্রভাবক এমন একটি রাসায়নিক পদার্থ যার উপস্থিতি বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস করে এবং একে সরলতর বিক্রিয়া পথ প্রদান করে।** প্রভাবক ব্যবহার করলে তা প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে আবার পুনর্জন্ম প্রাপ্ত হয়। প্রভাবক ব্যবহার না করে বিক্রিয়া ঘটালে যে সক্রিয়ণকৃত অবস্থার মাধ্যমে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়, তার স্থিতিশক্তি বেশি, ফলে তা সৃষ্টি কষ্টকর। অপ্রভাবিত অবস্থায় বিক্রিয়কের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা বেশি হয়, (চিত্র ১৩.১৬ দ্রষ্টব্য) এ কারণে বিক্রিয়া দ্রুত বেগে অনুষ্ঠিত হতে পারে না।




চিত্র ১৩.১৬ ঃ অপ্রভাবিত ও প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা।

অপরদিকে প্রভাবক সহকারে সামগ্রিক বিক্রিয়া ভিন্ন পথ ধরে সম্পন্ন হয়। এ পথে যে সক্রিয়ণকৃত অবস্থার সৃষ্টি হয়, তার স্থিতিশক্তি অপ্রভাবিত অবস্থার তুলনায় কম। অর্থাৎ প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়কের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা পূর্বের তুলনায় কম; এ কারণে বিক্রিয়া দ্রুততর বেগে সম্পন্ন হয়।

## ১৩·২৪। প্রভাবকরূপে অবস্থান্তর মৌল ও তাদের যৌগসমূহ
### Transition Elements and their Compounds as Catalysts

বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সকল বস্তু প্রভাবক হিসেবে কাজ করে, তাদের অধিকাংশ হচ্ছে অবস্থান্তর মৌল বা তাদের যৌগসমূহ। উদাহরণস্বরূপ অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে লৌহচূর্ণ, কৃত্রিম ঘি উৎপাদনে নিকেল চূর্ণ, সালফিউরিক এসিডের শিল্পোৎপাদনে $SO_2$ হতে $SO_3$ তৈরিতে প্লাটিনাম চূর্ণ বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড, নাইট্রিক এসিড উৎপাদনে অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে জারণে প্লাটিনাম তারজালি এবং পলিথিনের শিল্পোৎপাদনে টাইটেনিয়াম জৈবধাতব যৌগ প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। উল্লিখিত প্রভাবকরূপী সকল **ধাতুই হচ্ছে অবস্থান্তর মৌল।**

প্রকৃতপক্ষে প্রায় সকল বিক্রিয়াই সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগের মধ্য দিয়ে সম্পন্ন হয়। প্রভাবকের অনুপস্থিতিতে যে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ সৃষ্টি হয়, তার স্থৈতিক শক্তি বেশি হয়। এ কারণে বিক্রিয়া মন্থর হয়। অপরদিকে **প্রভাবকের উপস্থিতিতে অন্য আরেকটি সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ সৃষ্টি হয়, যার স্থিতিশক্তি পূর্বের সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ অপেক্ষা কম, ফলে তা সৃষ্টি সহজতর হয় এবং এ কারণে বিক্রিয়া দ্রুত হয়।**

অবস্থান্তর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসে d- অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে ($d^{1-9}$) এবং তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাছাকাছি নয়, ফলে তাদের যৌগে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত ইলেক্ট্রন বিন্যাস অর্জিত হয় না। ফলে অবস্থান্তর যৌগসমূহে মৌলের পরিবর্তনশীল যোজনী থাকে এবং তাদের যৌগসমূহ নিষ্ক্রিয় থাকে না। তাই এ সকল মৌল ও তাদের যৌগসমূহ সহজেই বিভিন্ন অণুর সাথে মিলে দুর্বল বন্ধনযুক্ত অবস্থান্তর যৌগ বা সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ গঠন করতে পারে। তাই তারা প্রভাবক হিসেবে কাজ করতে পারে। উদাহরণস্বরূপ ইথিলিনের পলিমার গঠন বিক্রিয়ার সময় টাইটেনিয়াম যৌগের টাইটেনিয়াম পরমাণু ইথিলিনের সাথে $\pi$ বন্ধনযুক্ত অবস্থান্তর যৌগ গঠন করে, এর মাধ্যমেই বিক্রিয়া অগ্রসর হয়। প্রতিনিধিত্বমূলক অন্যান্য ধাতুসমূহ সাধারণত এ ধরনের সক্রিয়ণকৃত যৌগ গঠন করতে পারে না। তাই তারা প্রভাবক নয়।

## ১৩·২৫। এনজাইম প্রভাবন
### Enzyme Catalysis

**সংজ্ঞা ঃ** এনজাইম হচ্ছে জীবন্ত উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ থেকে উৎপন্ন, উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট নাইট্রোজেনযুক্ত বর্তুলাকার প্রোটিন নামক **জটিল জৈব পদার্থ।** পানিতে এরা কোলয়েড তৈরি করে এবং তা অত্যন্ত কার্যকরী জৈব প্রভাবক। এক একটি এনজাইম এক একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য কার্যকরী।

http://pdfcorner.com

**এনজাইমের ক্রিয়া কৌশল ঃ** উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে বহু জটিল বিক্রিয়া এনজাইমের প্রভাবে সংঘটিত হয়। এনজাইমরূপী বর্তুলাকার বা টারসিয়ারি প্রোটিন অণুর বিভিন্ন ভাঁজের মধ্যে কতগুলো 'সক্রিয় স্থান' আছে। ঐ স্থানগুলোর জন্যই এনজাইম প্রভাবন ক্ষমতা ধারণ করে। এসব সক্রিয়স্থানে বিক্রিয়ক অণুগুলো খুবই নিকটে এসে সহজে অস্থায়ী অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করতে পারে এবং পরে বিযোজিত হয়ে উৎপাদে পরিণত হয়। এনজাইম অণু বিক্রিয়ক জৈব অণুকে 'সক্রিয় স্থান' যোগান দিয়ে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রাকে হ্রাস করে এবং বিক্রিয়াকে দ্রুততর করে। যেমন,

$$\underset{\text{এনজাইম}}{E} + \underset{\text{বিক্রিয়ক}}{S} \longrightarrow \underset{\text{অন্তবর্তী যৌগ}}{[E.....S]} \longrightarrow \underset{\text{এনজাইম}}{E} + \underset{\text{উৎপাদ}}{P}$$

(i) অঙ্কুরিত বার্লি বীজ থেকে উৎপন্ন ডায়াস্টেস এনজাইম স্টার্চকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করে মল্টোজে পরিণত করে।

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{2(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{ডায়াস্টেস}} \underset{\text{মল্টোজ চিনি}}{nC_{12}H_{22}O_{11}}$$

(ii) ম্যাল্টেস্ এনজাইমের উপস্থিতিতে মল্টোজ সুগার আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{মল্টোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ম্যাল্টেস্}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

(iii) ঈস্ট নামক উদ্ভিদকোষ থেকে নিঃসৃত জাইমেস এনজাইম গ্লুকোজকে বিযোজিত করে অ্যালকোহল ও $CO_2$ গ্যাসে পরিণত করে।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{জাইমেস্}} \underset{\text{অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

(iv) সয়াবিনে উপস্থিত ইউরিয়েস্ এনজাইম ইউরিয়াকে বিযোজিত করে $NH_3$ ও $CO_2$-এ পরিণত করে।

$$\underset{\text{ইউরিয়া}}{H_2NCONH_2} + H_2O \xrightarrow{\text{ইউরিয়েস্}} 2NH_3 + CO_2$$

অতএব উপরোক্ত উদাহরণগুলো থেকে স্পষ্টতই প্রতীয়মান হয় যে, এনজাইমসমূহ মূলত **জৈব অনুঘটক; এসব অনুঘটক কেবল বিভিন্ন জৈবিক প্রক্রিয়াকে প্রভাবিত করে।** এসব প্রক্রিয়ার মধ্যে আর্দ্রবিশ্লেষণ ও বিযোজন সহযোগে, ফারমেন্টেশন, জারণ ও বিজারণ প্রভৃতি বিক্রিয়া এনজাইম প্রভাবিত।

**এনজাইমের বৈশিষ্ট্য ঃ**

(১) এনজাইম হল জৈব বিক্রিয়ার প্রভাবক। গঠনগতভাবে এনজাইম টারসিয়ারি প্রোটিন।

(২) এনজাইমের রয়েছে সুনির্দিষ্ট ক্রিয়া ক্রিয়াশীলতা। প্রত্যেক এনজাইমের প্রভাবন ক্রিয়া সুনির্দিষ্ট।

(৩) অত্যধিক কার্যকারিতা এনজাইমের অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য। এক অণু অ্যানহাইড্রেজ এনজাইম এক মিনিটে কার্বনিক এসিড ($H_2CO_3$) এর 360 লক্ষ অণুকে বিযোজিত করে।

(৪) প্রভাবন ক্রিয়ার প্রধান শর্ত হল তাপমাত্রা 37°C অথবা এর কাছাকাছি এবং $P^H$ এর মান 7 এর কাছাকাছি থাকা প্রয়োজন।

## ১৩·২৬। শিল্পে প্রভাবকের ব্যবহার
### Uses of Catalysts in Industry

প্রভাবক যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে পারে এবং স্বল্প শক্তির বিনিময়ে অধিক পরিমাণ রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনে সাহায্য করে, তাই শিল্পে ব্যাপকহারে প্রভাবক ব্যবহৃত হয়ে থাকে। নিম্নে কয়েকটি শিল্পে ব্যবহৃত প্রভাবকের উদাহরণ দেয়া হল ঃ

http://pdfcorner.com

**(১) অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে ঃ** হেবার পদ্ধতিতে 550°C তাপমাত্রা ও ন্যূনতম 200 বায়ু চাপে লৌহচূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ধাতব মলিবডেনাম প্রভাবক সহায়ক বা বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{Fe,Mo} 2NH_3(g)$$

**(২) কৃত্রিম ঘি উৎপাদনে ঃ** নিকেল চূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে অসম্পৃক্ত তেলের মধ্যে হাইড্রোজেন চালনা করে কৃত্রিম ঘি বা ডালডা প্রস্তুত করা হয়।

$$\text{তৈল} + H_2 \xrightarrow{NI} \text{কৃত্রিম ঘি}$$

**(৩) পলিথিনের শিল্পোৎপাদনে ঃ** বহুল ব্যবহৃত পলিথিনের শিল্পোৎপাদনের লক্ষ্যে ইথিলিনের পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় টাইটেনিয়ামের জৈবধাতব যৌগ প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

**(৪) নাইট্রিক এসিড উৎপাদনে ঃ** নাইট্রিক এসিডের শিল্প উৎপাদনে অ্যামোনিয়াকে প্লাটিনাম তারজালি প্রভাবকের সাহায্যে জারিত করে NO-তে পরিণত করে পরবর্তীতে তা থেকে $NO_2$ ও শেষে নাইট্রিক এসিড পাওয়া যায়।

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{Pt,\ \Delta} 4NO(g) + 6H_2O(g)$$
$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$$
$$2NO_2(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow HNO_3(aq) + HNO_2(aq)$$

**(৫) সালফিউরিক এসিড উৎপাদনে ঃ** সালফিউরিক এসিডের শিল্পোৎপাদনে $SO_2$-কে প্লাটিনাম চূর্ণ বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টঅক্সাইড প্রভাবকের সাহায্যে $SO_3$-তে পরিণত করা হয়। পরে $SO_3$-এর সাথে পানির বিক্রিয়ায় সালফিউরিক এসিড উৎপাদন করা হয়।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[\Delta]{Pt} 2SO_3(g)$$
$$SO_3(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_4(\ell)$$

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **রাসায়নিক গতিবিদ্যা ঃ** রসায়নের যে শাখায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ, পরীক্ষাগত অধ্যয়ন, তাত্ত্বিক আলোচনা এবং বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল সম্পর্কে বিশ্লেষণ করা হয়, তাকে **রাসায়নিক গতিবিদ্যা** বলা হয়।

✪ **বিক্রিয়ার হার ঃ** প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস বা বিক্রিয়ায় সৃষ্ট উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির মাত্রাকে বিক্রিয়ার হার বলা হয়। বিক্রিয়ার গতির হার, $r = \frac{-d(a-x)}{dt} = \frac{-dc}{dt}$, বা, $\frac{dx}{dt}$

✪ **বিক্রিয়ার আণবিকত্ব ঃ** কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটনে যতটি বিক্রিয়ক অণু, পরমাণু বা আয়ন অংশ নেয়, তার সংখ্যাকে উক্ত বিক্রিয়ার আণবিকত্ব বলা হয়।

✪ **বিক্রিয়ার ক্রম ঃ** কোন বিক্রিয়ার পরীক্ষালব্ধ গতি বা হার ঐ বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কের যে সব ঘনমাত্রা তাদের সমানুপাতিক, তাদের ঘাতের সমষ্টিকে উক্ত বিক্রিয়ার ক্রম বলা হয়। বিভিন্ন ধরনের ক্রমবিশিষ্ট বিক্রিয়া দেখা যায়; যেমন শূন্য ক্রম বিক্রিয়া, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া।

(১) শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ, $x = kt$; (এখানে $x$ = উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা।)

(২) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ, $k = \frac{2.303}{t} \cdot \log\frac{a}{a-x}$

http://pdfcorner.com

(৩) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ , $k = \frac{1}{2} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$; (যখন $2A \rightarrow$ উৎপাদ)

$k = \frac{1}{t(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$ (যখন $A + B \rightarrow$ উৎপাদ)

(৪) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$; [ কোন ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয় ]

(৫) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{ka}$; [ বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। ]

✪ **সংঘর্ষ তত্ত্বের মূলকথা হল ঃ** বিক্রিয়ক কণাগুলোর মধ্যে ন্যূনতম শক্তির সংঘর্ষ ঘটবে; যা দ্বারা পুরাতন বন্ধন ভাঙবে এবং নতুন বন্ধন গড়বে। স্থানিক সঠিক দিক থেকে এ সংঘর্ষ ঘটবে।

✪ **সক্রিয়ণ শক্তি ও সক্রিয় অণু ঃ** পারস্পরিক সংঘর্ষ বা অন্য কোন উপায়ে বিক্রিয়কের একটি অংশ বিক্রিয়কের গড় শক্তি অপেক্ষা যে পরিমাণ অধিক শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ার অংশগ্রহণের উপযুক্ততা অর্জন করে, তাকে সক্রিয়ণ শক্তি বলা হয় এবং বিক্রিয়কের যে অণুসমূহ উক্ত অতিরিক্ত শক্তি লাভ করে তাদেরকে সক্রিয় অণু বলা হয়।

✪ **প্রভাবক ও প্রভাবন ঃ** যে পদার্থ অল্প পরিমাণে বিক্রিয়কের সংস্পর্শে উপস্থিত থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস করে এবং বিক্রিয়া শেষে নিজে গঠনে ও ভরে অপরিবর্তিত থাকে তাকে প্রভাবক বলা হয়। প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতি প্রভাবান্বিত করার প্রক্রিয়াকে প্রভাবন বলা হয়।

✪ **প্রভাবক বিষ ঃ** যে সব পদার্থের উপস্থিতির কারণে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়ে যায়, তাদেরকে প্রভাবক বিষ বলা হয়।

✪ **প্রভাবক বিবর্ধক ঃ** যে সব পদার্থের উপস্থিতির কারণে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়, তাদেরকে প্রভাবক বিবর্ধক বলা হয়।

✪ **সমসত্ত্ব প্রভাবন ঃ** যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকসহ বিক্রিয়ার সকল পদার্থ একই দশায় বর্তমান থাকে, তাকে সমসত্ত্ব প্রভাবন বলা হয়।

✪ **অসমসত্ত্ব প্রভাবন ঃ** যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকটি সিস্টেমের অন্যান্য উপাদান অপেক্ষা ভিন্ন দশায় থাকে, তাকে অসমসত্ত্ব প্রভাবন বলা হয়।

✪ **এনজাইম ঃ** এনজাইম হচ্ছে জীবন্ত উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ হতে সৃষ্ট উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট প্রাণহীন অদানাদার নাইট্রোজেনযুক্ত বর্তুলাকার প্রোটিন নামক জটিল জৈব পদার্থ। এরা অত্যন্ত কার্যকরী জৈব প্রভাবক।

✪ শিল্পক্ষেত্রে কম শক্তি ব্যয়ে ও কম খরচে অধিক রাসায়নিক পদার্থ উৎপাদনের জন্য প্রভাবক ব্যবহার করা হয়।

## অনুশীলনী–১৩ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ বা হার বলতে কী বুঝ? বিক্রিয়ার হারের গাণিতিক সমীকরণ লেখ। [য. বো. ২০০৬]
(খ) রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বা বেগ ধ্রুবক এর সংজ্ঞা দাও।

২। (ক) বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের একটি রাসায়নিক পদ্ধতি আলোচনা কর।
(খ) বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের একটি ভৌত পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। (ক) বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব বিস্তারকারী বিভিন্ন নিয়ামক সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।
(খ) বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের উপর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।
(গ) বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব কারণসহ আলোচনা কর। [কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১১]
(ঘ) অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণের সাহায্যে দেখাও যে, বিক্রিয়ার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়। [ ঢা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৭ ]
(ঙ) লেখচিত্রের সাহায্যে বিক্রিয়ার হারের উপর বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতলের প্রভাব বর্ণনা কর।

৪। (ক) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? [চ. বো. ২০০৬, ২০০৯; কু. বো. ২০০৭, ২০১০, য. বো. ২০০৭, ২০১০; সি. বো. ২০০৭, ২০০৮; রা. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

(খ) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য উদাহরণসহ লেখ। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১০; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০০৮, ২০১১; রা. বো. ২০০৭, ২০১১; দি. বো. ২০১১]

৫। (ক) শূন্য ক্রম বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও। [ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; সি. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৬]

(খ) শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর এবং বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর। [চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৯]

৬। (ক) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কাকে বলে? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। [ঢা. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৮, ২০১১; য. বো. ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৯, ২০১১]

(খ) বিক্রিয়ক (A)⟶ উৎপাদ (B) এরূপ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৭]

(গ) দেখাও যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনও চরমভাবে শেষ হয় না।

(ঘ) বিক্রিয়ার অর্ধায়ু কী? দেখাও যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু (বা একটি নির্দিষ্ট অংশ সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে তা) বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না। [ঢা. বো. ২০০৮, ২০১১; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৮]

৭। (ক) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া কী? দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। [দি. বো. ২০১০]

(খ) $2A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন কর। [কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯, ২০১১]

(গ) বিক্রিয়ার অর্ধায়ু কী? দেখাও যে, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১]

(ঘ) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ও অর্ধায়ুর সম্পর্ক স্থাপন কর অর্থাৎ $t_{1/2} = \frac{1}{ka}$ প্রমাণ কর।

৮। (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়ার আণবিক সংঘর্ষ তত্ত্ব ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০১০]

(খ) সক্রিয়ণ শক্তি ও সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ বলতে কী বুঝ? [চ. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮]

(গ) সক্রিয়ণ শক্তি কী? সক্রিয়ণ শক্তি বিক্রিয়ার হারের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৮, ২০১০]

(ঘ) রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব সংক্ষেপে আলোচনা কর।

৯। (ক) প্রভাবক ও প্রভাবন বলতে কী বুঝ? [ব. বো. ২০১০]

(খ) প্রভাবক বিষ ও প্রভাবক সহায়ক এর সংজ্ঞা দাও। [ঢা. বো. ২০০৮, ২০১১; চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]

১০।(ক) শিল্পক্ষেত্রে প্রভাবকের ব্যবহার উদাহরণসহ লেখ।

(খ) স্ব-প্রভাবন কী? উদাহরণ দাও। [ব. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০১০]

(গ) আবিষ্ট প্রভাবন কী? উদাহরণ দাও। [সি. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৮, ২০০৯; য. বো. ২০১১]

## খ-বিভাগ : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। রাসায়নিক গতিবিদ্যা বলতে কী বুঝ?

২। বিক্রিয়ার হারের একক কী হয়? তা হিসাব করে দেখাও।

৩। বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের সম্ভাব্য পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।

৪। শূন্য ক্রম বিক্রিয়া উদাহরণসহ লেখ।

৫। শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার একটি লেখচিত্র অঙ্কন কর। এর দুটি বৈশিষ্ট্য লেখ।

৬। (ক) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার গাণিতিক সমীকরণ লেখ। এর দুটি বৈশিষ্ট্য লেখ।

(খ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ লেখ। হার ধ্রুবকের একক কী?

(গ) শূন্য ক্রম ও প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের একক কী?

৭। বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বলতে কী বুঝ? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুর সমীকরণ লেখ।



http://pdfcorner.com

৮। (ক) মিথাইল অ্যাসিটেটের অম্লীয় আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্ব কত? সপক্ষে যুক্তি দাও।
(খ) ছদ্ম এক–আণবিক বিক্রিয়া কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৭, ২০১০; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]
(গ) কোন্ শর্তে একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া প্রথম ক্রমের বিক্রিয়ায় পরিণত হয়? [ঢা. বো. ২০০৯]
(ঘ) মিথাইল অ্যাসিটেটের ক্ষারীয় বিশ্লেষণের ক্রম ও আণবিকত্ব কত? সপক্ষে যুক্তি দাও।

৯। দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার সংজ্ঞা ও গাণিতিক সমীকরণ লেখ।

১০। প্রথম ক্রম বিক্রিয়া ও দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করে তুলনা কর।

১১। বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামকসমূহের নাম উল্লেখ কর।

১২। (ক) সক্রিয়ণ শক্তি বলতে কী বুঝ? [ঢা. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০০৯]
(খ) সক্রিয়ণ শক্তি কীভাবে বিক্রিয়ার হারকে প্রভাবিত করে? [রা. বো. ২০১০]
বা, সক্রিয়ণ শক্তি ও বিক্রিয়ার হারের মধ্যে সম্পর্ক কী? ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৭]
(গ) সক্রিয়ণকৃত জটিল বলতে কী বুঝ?

১৩। প্রভাবক বা অনুঘটক-এর প্রভাবন বিক্রিয়ার হারের উপর কীরূপ প্রভাব বিস্তার করে?

১৪। প্রভাবকরূপী সকল ধাতু অবস্থান্তর ধাতু – তা উদাহরণসহ লেখ।

১৫। (ক) এনজাইম কী? এটি কীভাবে ক্রিয়া করে? [ঢা. বো. '০৯; চ. বো. '০৭; সি. বো. '০৬; ব. বো. '১১]
(খ) বাণিজ্যিক পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত দুটি এনজাইমের ব্যবহার লেখ।

১৬। (ক) সমসত্ত্ব প্রভাবন কাকে বলে? উদাহরণ দাও।
(খ) অসমসত্ত্ব প্রভাবন কী? উদাহরণ দাও।

## গ–বিভাগ ঃ প্রয়োগ দক্ষতা স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা–১৩

**১ম ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ,** (১) $k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$; (২) $k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{c_0}{c}$

(৩) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$

**২য় ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ,** (৪) $k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}$; (৫) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k} \times \frac{1}{a}$

১। একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু হল 10 min ঐ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক নির্ণয় কর।
[**উত্তর ঃ** $6.93 \times 10^{-2}$ min$^{-1}$] [চ. বো. ২০১০]

২। 40°C তাপমাত্রায় জলীয় দ্রবণে $H_2O_2$ এর বিযোজন (প্রথম ক্রম) বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 6 hours হলে বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক নির্ণয় কর। [**উত্তর ঃ** $1.925 \times 10^{-3}$ min$^{-1}$] [সি. বো. ২০০২]

৩। (ক) কোন্ একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার 30% সম্পন্ন করতে 60 min সময় প্রয়োজন হলে এর 60% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন হবে? [**উত্তর ঃ** 154.14 min]
(খ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার 15% সম্পন্ন হয় 20 মিনিটে। বিক্রিয়াটির (i) হার ধ্রুবক এবং (ii) 60% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? [**উত্তর ঃ** $8.12741 \times 10^{-3}$ min$^{-1}$; $t_1 = 112.76$ min]
[ঢা. বো. ২০০৬, ২০১০]

৪। একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ প্রথম ক্রম সূত্র অনুসরণ করে বিভাজিত হয়ে থাকে। ঐ তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের অর্ধায়ু 20 min হলে–এর শতকরা 75 ভাগ বিভাজিত হতে কত সময় প্রয়োজন হবে?
[**উত্তর ঃ** 40.016 min]

৫। (ক) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার 25% সম্পন্ন হয় 30 মিনিটে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক, অর্ধায়ু ও 75% সম্পন্ন হওয়ার সময় গণনা কর? [**উত্তর ঃ** $k = 9.591 \times 10^{-3}$ min$^{-1}$; $t_{\frac{1}{2}} = 72.26$ min, $t = 144.57$ min] [ঢা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

http://pdfcorner.com

(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 50 সেকেন্ড হলে বিক্রিয়াটির 75% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? [**উত্তর ঃ** 100.04 s (প্রায়) [ কু. বো. ২০০৮, ২০১১; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৬, ২০০৯; য. বো. ২০১০ ]

৬। (ক) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার আপেক্ষিক বিক্রিয়ার হার $4.82 \times 10^{-3}\ min^{-1}$। এ বিক্রিয়ায় 90 g পরিমাণ বিক্রিয়ক হতে 2.25 g হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে? [**উত্তর ঃ** 5.2534 min ]

(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $1.15 \times 10^{-3} s^{-1}$। এ বিক্রিয়ার 5 গ্রাম বিক্রিয়ক 3 গ্রামে হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে? [**উত্তর ঃ** 444.28 sec বা, 7.4 min] [য. বো. ২০০২ ]

৭। একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা $0.6\ molL^{-1}$ থেকে $0.2\ molL^{-1}$ ঘনমাত্রায় হ্রাস পেতে 5.0 মিনিট সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক নির্ণয় কর। [**উত্তর ঃ** $0.2197615\ min^{-1}$ ]

[চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭, ২০১০]

৮। (ক) কোন্ প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের অর্ধেক পরিমাণ বিযোজিত হতে সময় লাগে 1000 সেকেন্ড। বিক্রিয়া শুরুর কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক-দশমাংশ পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে?

[ **উত্তর ঃ** 3323.23 s পর বা 55.39 min (প্রায়) ] [ কু. বো. ২০০৬]

(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধেক পরিমাণ বিক্রিয়ক বিযোজিত হতে 300 s সময় লাগে। কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক-অষ্টমাংশ অবশিষ্ট থাকবে? [ উ ঃ 900.4 s বা 15.01 min (প্রায়) ]

[ চ. বো. ২০০৭, ২০১১; ব. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০ ]

৯। (ক) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $0.0635\ min^{-1}$ হলে এ বিক্রিয়ার অর্ধায়ু নির্ণয় কর।

[ **উত্তর ঃ** 10.91 min ]

(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $2 \times 10^{-3} sec^{-1}$ হলে বিক্রিয়াটির অর্ধায়ুকাল গণনা কর।

[**উত্তর ঃ** 346.5 s ] [ সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৭ ]

(গ) একটি বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $5.6 \times 10^{-2} s^{-1}$ হলে ঐ বিক্রিয়ার অর্ধজীবন কাল নির্ণয় কর।

[ **উঃ** 12.375s] [ সি. বো. ২০০৫ ]

[ **দ্রষ্টব্য ঃ** হার ধ্রুবকের একক থেকে জানা যায় এটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়া।]

১০। একটি মাত্র বিক্রিয়কবিশিষ্ট একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার আদি ঘনমাত্রা যখন $0.2\ molL^{-1}$ তখন তার অর্ধবিক্রিয়া কাল হচ্ছে 5 মিনিট। আদি ঘনমাত্রা $1.0\ molL^{-1}$ হলে, অর্ধবিক্রিয়া কাল কত হবে?

[ **উত্তর ঃ** 1 min ] [ দি. বো. ২০১০]

১১। 25°C. তাপমাত্রায় ইথাইল অ্যাসিটেটের ক্ষারীয় আর্দ্র বিশ্লেষণের হার ধ্রুবক হল $6.36\ Lmol^{-1}\ min^{-1}$. যদি ক্ষার ও ইথাইল অ্যাসিটেটের প্রাথমিক ঘনমাত্রা $0.02\ molL^{-1}$ হয়, তবে 10 min পর ঐ ইথাইল অ্যাসিটেটের শতকরা কত অংশ আর্দ্র বিশ্লেষিত হবে? [ **উত্তর ঃ** 56 % ]

১২। তীব্র ক্ষারের উপস্থিতিতে এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ ধ্রুবক $4.50\ mol^{-1}\ Lmin^{-1}$ হয়, যখন ক্ষার ও এস্টার উভয়ের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.2 M থাকে। তবে 10 মিনিট পর ঐ বিক্রিয়াটিতে ক্ষার ও এস্টারের পরিমাণ কত অবশিষ্ট থাকবে? [**উত্তর ঃ** $0.02\ molL^{-1}$ ]

১৩। একটি ২য় ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক P ও Q উভয়ের প্রাথমিক ঘনমাত্রা $0.2\ molL^{-1}$ যদি প্রাথমিক বিক্রিয়ার হার $1.6 \times 10^{-4}\ mols^{-1}$ হয়; তবে ঐ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক কত?

[সংকেত ঃ $\frac{dx}{dt} = k\,[P_0] \times [Q_0]$, ] [**উত্তর ঃ** $4.0 \times 10^{-3}\ Lmol^{-1}s^{-1}$]

১৪। 25° C ও 35° C তাপমাত্রায় একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক যথাক্রমে $2.25 \times 10^{-2}\ min^{-1}$ এবং $7.10 \times 10^{-2}\ min^{-1}$। বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি বের কর।

[ **উত্তর ঃ** $87.75\ kJmol^{-1}$ ]

http://pdfcorner.com

১৫। কোন্ বিক্রিয়ার তাপমাত্রা 25° C থেকে 35° C -এ উন্নীত করলে ঐ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মান তিনগুণ হয়। বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তির মান বের কর। [ **উত্তর ঃ** 83.885 $kJmol^{-1}$ ]

১৬। একটি বিক্রিয়ার জন্য বিভিন্ন তাপমাত্রায় বেগ ধ্রুবকের বিভিন্ন মান পাওয়া গেল। এ থেকে $\frac{1}{t}$ বিপরীতে $\log k$ স্থাপন করে যে সরল রেখা পাওয়া যায়, তার ঢাল −75 হয়। বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি ($E_a$) কত? [ **উত্তর ঃ** 1.4364 $kJmol^{-1}$]

[ সংকেত ঃ ঢাল = $-E_a/2.303R = -75$, এখানে = $R = 8.316\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$ ।

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। রাসায়নিক গতিবিদ্যায়, বিক্রিয়ার গতি ও গতির উপর বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার প্রভাব জানার জন্য 'বিক্রিয়ার হার' 'বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক' ও 'বিক্রিয়ার ক্রম' নামক এসব পদ ব্যবহৃত হয়'। $CCl_4$ দ্রাবকে দ্রবীভূত $N_2O_5$ এর বিযোজন পর্যবেক্ষণ তথ্য মতে জানা যায়। 1 mol অণু $N_2O_5$ থেকে $\frac{1}{2}$ mol অণু $O_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং এটি একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়া। এর আণবিক সমীকরণ ও বিক্রিয়ার হার নিম্নরূপ ঃ

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$; বিক্রিয়ার হার = $k \times [N_2O_5]$

(ক) মোলার সাম্যধ্রুবক কী? ১

(খ) এনজাইম বলতে কী বোঝ? এটি কিভাবে ক্রিয়া করে? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কী? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, বিক্রিয়ার হার ও বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বলতে কী বোঝ? উদ্দীপকের বিযোজন বিক্রিয়ায় জানা যায়, $N_2O_5$ এর অর্ধেক পরিমাণ বিযোজিত হতে 50 s সময় লাগে। কতক্ষণ পর ঐ বিক্রিয়কের এক চতুর্থাংশ অবশিষ্ট থাকবে? [**উঃ** 900.4s] ৪

২। রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি, গতির উপর বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার প্রভাব ও সমীকরণ ভিত্তিক বিক্রিয়কের মোল অণু ইত্যাদির সম্পর্ক জানার জন্য 'বিক্রিয়ার হার' হার ধ্রুবক, আণবিকত্ব ও বিক্রিয়ার ক্রম' ইত্যাদি রাসায়নিক গতিবিদ্যায় তোমরা পড়েছ। পরীক্ষাগারে 48°C তাপমাত্রায় কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ($CCl_4$) দ্রাবকে দ্রবীভূত $N_2O_5$ এর বিযোজন থেকে নিম্নরূপ পর্যবেক্ষন ডাটা পাওয়া যায় ঃ

$$\underset{2\ mol}{2N_2O_5\ (g)} \rightleftharpoons 4NO_2\ (g) + \underset{1\ mol}{O_2\ (g)}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| t min : | 10 | 20 | $\alpha$ |
| $O_2$ এর আয়তন (L) : | 6.3 | 11.4 | 34.76 |

(ক) বিক্রিয়ার আণবিকত্ব কী? উদাহরণ দাও। ১

(খ) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? শূন্যক্রম বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। ২

(গ) উদ্দীপকের ডাটা থেকে দেখাও যে, সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি হল প্রথম ক্রমের। ১ম ক্রম বিক্রিয়ার ৩টি বৈশিষ্ট্য লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ঐ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির $k = 1.4 \times 10^{-4}\ sec^{-1}$ হলে $N_2O_5$ এর ঘনমাত্রা এক চতুর্থাংশ হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে? বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে বিভিন্ন পার্থক্যগুলো তালিকাসহকারে লেখ। ৪

৩। বিজ্ঞানী অ্যারহেনিয়াস বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যায় অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্বে বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তির কথা বলেছেন। আবার প্রভাবক বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রাকে হ্রাস করতে পারে। পরীক্ষাগারে সমান ঘনমাত্রার NaOH ও মিথাইল অ্যাসিটেটের আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার হার পর্যবেক্ষণ কালে নির্দিষ্ট সময় পর পর 25 mL বিক্রিয়া মিশ্রণকে প্রমাণ HCl এসিড দ্বারা টাইট্রেশন করে নিম্নরূপ পর্যবেক্ষন ডাটা পাওয়া গেল ঃ

http://pdfcorner.com

| Time (min) : | 0 | 5 | 15 | 25 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|
| ব্যবহৃত HCl এসিড (mL) : | 16 | 10.5 | 6.25 | 4.5 | 3.62 |

(ক) এস্টারের ক্ষারীয় আর্দ্র বিশ্লেষণ কী? উদাহরণ দাও। ১

(খ) ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে প্রদত্ত বিক্রিয়ার সমীকরণে প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 'a' মোল ও t সময় পর ঘনমাত্রা (a–x) মোল লিখে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণটি লেখ। উদ্দীপকের ডাটা ব্যবহার করে প্রমাণ কর যে, বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রমের হবে। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বলতে কী বুঝ? সক্রিয়ণ শক্তি ও বিক্রিয়ার হারের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর। প্রভাবক কীরূপে বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব সৃষ্টি করে তা বোঝাতে প্রভাবিত বিক্রিয়া ও অপ্রভাবিত বিক্রিয়ায় সক্রিয়ণ শক্তি দেখিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন কর। ৪

৪। রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের জন্য নিচের দুটি বিক্রিয়া ভিন্ন অবস্থায় পরীক্ষণ করা হল–

(i) $CH_3COO.C_2H_5$ (aq) + NaOH (aq) $\longrightarrow$ $CH_3COONa$ (aq) + $C_2H_5OH$ (aq)

(ii) $CH_3COO.C_2H_5$(aq) + $H_2O(l)$ $\xrightarrow{HCl}$ $CH_3COOH$ (aq) + $C_2H_5OH$(aq)

প্রথম বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেটের লঘু দ্রবণে তুল্য পরিমাণ লঘু NaOH ব্যবহৃত হয়েছে। দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় খনিজ HCl এসিডের প্রভাবকরূপে উপস্থিতিতে অধিক পাতিত পানি মিশ্রিত করা হয়েছে।

(ক) উভয় বিক্রিয়া কোন্ শ্রেণীর বিক্রিয়া? ১

(খ) উভয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিণীত বিক্রিয়া ক্রম কত হয়; তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের দুটি বিক্রিয়ার মধ্যে একটি ১ম ক্রমের; ঐ বিক্রিয়ার 25% সম্পন্ন হতে 30 মিনিট সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক, অর্ধায়ু ও 75% সম্পন্ন হওয়ার প্রয়োজনীয় সময় গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের অনুরূপ (i) নিচের দুটি বিক্রিয়ার সমীকরণ ও বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ মতে বিক্রিয়ার ক্রম কত হবে; তা ব্যাখ্যা কর। ৪

(i) $A + B \longrightarrow$ উৎপাদ, $\frac{-dc}{dt} = k \times [A] \times [B]$ (ii) $P + Q \longrightarrow$ উৎপাদ, $\frac{-dc}{dt} \propto [P] \times [Q]^0$

(ii) ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়ার বিষয়বস্তু থেকে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ থেকে প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

৫। তোমরা জান হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে লৌহগুঁড়া এবং স্পর্শ পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ উৎপাদনে $V_2O_5$ গুঁড়া প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। আবার $H_2O_2$ বিযোজন বিক্রিয়াটি ১ম ক্রমের; এর বোতলে একফোঁটা $H_3PO_4$ যোগ করে $H_2O_2$ এর বিযোজন প্রায় বন্ধ হয়।

$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{Fe} 2NH_3(g)$ $\qquad$ $2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{V_2O_5} 2SO_3(g)$

$2H_2O_2(l) \xrightarrow{H_3PO_4} 2H_2O(l) + O_2(g)$ [বিযোজন খুব মন্থর]

এ তথ্যগুলো থেকে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।

(ক) আয়নীকরণ বিভব কী? ১

(খ) প্রভাবক বিষ ও প্রভাবক সহায়ক বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের তিনটি সমীকরণে ব্যবহৃত প্রভাবকগুলো কোন্ শ্রেণীভুক্ত তা ব্যাখ্যা কর। 40°C তাপমাত্রায় জলীয় দ্রবণে $H_2O_2$ এর বিযোজন বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 6 hr. হলে ঐ বিক্রিয়াটির 75% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন হবে? [উঃ 720.3 min. ] ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মতে, কোন্‌টি সমসত্ত্ব প্রভাবন? তোমার উত্তর মতে এর সংজ্ঞা ও ব্যাখ্যা উদাহরণ সহ লেখ। হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনে লৌহ প্রভাবকের ক্রিয়াকৌশল লেখ। বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির উপর প্রভাবকের ভূমিকা প্রদর্শক লেখচিত্র অঙ্কন কর। ৪

http://pdfcorner.com

৬। রাসায়নিক গতিবিদ্যায় বিক্রিয়ার হার, হার ধ্রুবক, আণবিকত্ব ও বিক্রিয়ার ক্রম সম্বন্ধে তোমরা জেনেছ। বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের জন্য উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন মাপন পদ্ধতিতে একটি ফ্লাস্কে চুনাপাথর ও লঘু HCl এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $CO_2$ গ্যাসকে দাগকাটা গ্যাস জারে সংগ্রহের ব্যবস্থা করা হল। 10 সেকেন্ড পর পর গ্যাস জারে $CO_2$ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি রেকর্ড করা হল। এরপর গ্যাসের আয়তনকে Y-অক্ষ ও সময়কে X অক্ষ ধরে অঙ্কিত লেখচিত্রে কোন্ বিন্দুতে স্পর্শক অঙ্কন করে ঢাল $\left(\text{slope, } \tan\theta = \frac{y}{x}\right)$ গণনা করার জন্য $Y = 22\ cm^3$ এবং $X = 60$ sec. পাওয়া গেল।

(ক) অবস্থান্তর মৌল কী? ১

(খ) উদ্দীপকের সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের সমীকরণটি লেখ। বিক্রিয়ার হার স্পর্শকের ঢাল থেকে এককসহ গণনা কর। ২

(গ) বিক্রিয়ার হারের উপর বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল কীরূপ প্রভাব ফেলে জানার জন্য উদ্দীপক মতে তিনটি পরীক্ষায় প্রতিক্ষেত্রে 10g ভরের বড় আকার, মাঝারি আকার ও ছোট আকারের চুনাপাথর টুকরা ব্যবহার কর এবং ফলাফল লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? বিভিন্ন ক্রমের বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও। বিক্রিয়ার আণবিকত্ব ও বিক্রিয়ার ক্রমের মধ্যে বিভিন্ন পার্থক্যসমূহ তালিকা সহকারে লেখ। ৪

৭। নিচে কোন্ বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা বনাম সময়ের লেখচিত্র দেখানো হল। এ লেখচিত্র সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

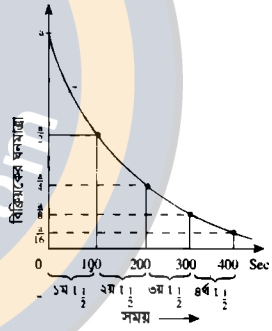
(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণ বলতে কি বোঝ? এর শ্রেণী বিভাগ উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, বিক্রিয়ার অর্ধায়ু কী? লেখচিত্র মতে বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু কী? অর্ধায়ু মতে বিক্রিয়াটির ক্রম ও হার ধ্রুবক গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, বিক্রিয়াটির ক্রমভিত্তিক হার ধ্রুবকের সাধারণ সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু 300 s হলে সেক্ষেত্রে কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক–অষ্টমাংশ অবশিষ্ট থাকবে? ৪

উঃ 900.4s ]




## খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ ঃ MCQ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তর ভিত্তিক ঃ

১। নিচের কোন্ সমীকরণটি শূন্যক্রম বিক্রিয়ার জন্য প্রযোজ্য?

(ক) $\frac{-dc}{dt} = kc$ (খ) $\frac{-dc}{dt} = k$ (গ) $\frac{-dc}{dt} = kc^2$ (ঘ) $\frac{-dc}{dt} = kc^3$

২। নিচের কোন্ সমীকরণটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সাথে সম্পর্কিত?

(ক) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$ (খ) $k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}$ (গ) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k} \times \frac{1}{a}$ (ঘ) $t_{\frac{1}{2}} = k$

৩। নিচের কোন্ সমীকরণটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার সাথে সম্পর্কিত?

(ক) $k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$ (খ) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$ (গ) $k = L\ mol^{-1}s^{-1}$ (ঘ) $x = k \times t$

http://pdfcorner.com

৪। নিচের কোন্‌টি শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার উদাহরণ?

(ক) $H_2\ (g) + Cl_2\ (g) \xrightarrow{h\vartheta} 2HCl\ (g)$

(খ) $C_{12}H_{22}O_{11}\ (aq) + H_2O(l) \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_6(aq) + C_6H_{12}O_6(aq)$

(গ) $N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2\ (g)$ (ঘ) $PCl_5(g) \longrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$

৫। কোন্‌টি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের একক?

(ক) $s^{-1}$ (খ) $molL^{-1}s^{-1}$ (গ) $Lmol^{-1}s^{-1}$ (ঘ) $m^{-1}$

৬। ঋণাত্মক প্রভাবনের উদাহরণ কোন্‌টি?

(ক) $2KClO_3(s) \xrightarrow{MnO_2} 2KCl\ (s) + 3O_2\ (g)$ (খ) $2H_2O_2(aq) \xrightarrow{H_3PO_4} 2H_2O(l) + O_2(g)$

(গ) $5(COOH)_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$

(ঘ) $2SO_2(g) + O_2(g) \overset{Pt}{\rightleftharpoons} 2SO_3(g)$

৭। নিচের কোন্‌টি সমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ?

(ক) $2SO_2(g) + O_2(g) \overset{Pt}{\rightleftharpoons} 2SO_3\ (g)$ (খ) $2SO_2(g) + O_2(g) \overset{NO\ (g)}{\rightleftharpoons} 2SO_3\ (g)$

(গ) $2Ca(OCl)\ Cl\ (aq) \overset{NiO\ (s)}{\rightleftharpoons} 2CaCl_2\ (aq) + O_2\ (g)$

(ঘ) $2KClO_3(s) \xrightarrow{MnO_2} 2KCl(s) + 3O_2(g)$

৮। কোন্‌ বিক্রিয়ায় 'জাইমেস্‌' এনজাইম্‌ কার্যকরী?

(ক) তৈল + $H_2 \longrightarrow$ কৃত্রিম ঘি; (খ) $2NO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow HNO_3(aq) + HNO_2(aq)$

(গ) $C_6H_{12}O_6\ (aq) \longrightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$; (ঘ) $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$

৯। বিক্রিয়ার আণবিকত্বের বেলায় নিচের কোন্‌টি সঠিক নয়?

(ক) সমতাযুক্ত সমীকরণ অণুর সংখ্যা; (খ) এটি ভগ্নাংশ হতে পারে;

(গ) বিক্রিয়া ধাপের বেগের উভর নির্ভর করে না; (ঘ) বিক্রিয়ার প্রতিধাপের আণবিকত্ব ভিন্ন;

১০। কোন্‌টি শূন্যক্রম বিক্রিয়ার হার–ধ্রুবকের একক?

(ক) $Ls^{-1}$ (খ) $MolL^{-1}s^{-1}$ (গ) $mols^{-1}$ (ঘ) কোন্‌টিই নয়,

১১। $A \rightarrow B$; বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ হয়; যখন বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা চারগুণ করা হয়। এক্ষেত্রে তখন বিক্রিয়ার ক্রম $[r = k\ [A]^n$ কত হবে?

(ক) 2 (খ) 1 (গ) শূন্য (ঘ) 1/2

১২। $A \rightarrow B$ এ বিক্রিয়ার হার 4 গুণ হয়, যখন A এর ঘনমাত্রা দ্বিগুণ করা হয়। বিক্রিয়ার হার সমীকরণ, $r = k \times [A]^n$ হলে n = কত হবে?

(ক) 1 (খ) শূন্য (গ) 2 (ঘ) 3

১৩। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধির জন্য কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি; (খ) সক্রিয় অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি; (গ) সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস; (ঘ) গড় মুক্ত পথ হ্রাস;

http://pdfcorner.com

১৪। বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধির জন্য কোন্‌টি সঠিক নয় –

(ক) তাপমাত্রা বৃদ্ধি; (খ) প্রভাবক ব্যবহার; (গ) সক্রিয়ণ শক্তি বৃদ্ধি;

(ঘ) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি;

১৫। ১ম ক্রম বিক্রিয়া (A ⟶ উৎপদ) টির হার হল $7.5 \times 10^{-4}$ $molL^{-1}$ $s^{-1}$ যখন বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা 0.2 mol $L^{-1}$ ; তখন হার ধ্রুবক কোন্‌টি হবে –

(ক) $3.75 \times 10^{-3}$ $s^{-1}$ (খ) $3.75 \times 10^{-5} s^{-1}$ (গ) $1.5 \times 10^{-3} s^{-1}$ (ঘ) $8 \times 0^{-4} s^{-1}$

১৬। $H_2$ (g) + $Br_2$ (g) → 2HBr (g) বিক্রিয়ার হার সমীকরণ,

$r = k \times [H_2] \times [Br_2]^{\frac{1}{2}}$ হলে এক্ষেত্রে নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) এটি ২য় ক্রম বিক্রিয়া; (খ) এটির আণবিকত্ব $\frac{3}{2}$ ; (গ) k এর একক $s^{-1}$ (ঘ) আণবিকত্ব 2

১৭। কোন্ তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়, বিক্রিয়া এনথালপি = $\Delta H$ $kJmol^{-1}$ হলে, তখন সর্বনিম্ন সক্রিয়ণশক্তি ($E_a$) হবে–

(ক) $E_a < \Delta H$; (খ) $E_a = 0$; (গ) $E_a > \Delta H$; (ঘ) $E_a$ = শূন্য

১৮। কোন্ তাপহারী বিক্রিয়ায় (A ⟶ B); সক্রিয়ণ শক্তি 60 $kJmol^{-1}$ এবং বিক্রিয়া তাপ 20kJ $mol^{-1}$ । এর বিপরীত বিক্রিয়ায় (B ⟶ A) শক্তিয়ণ শক্তি কোন্‌টি হবে?

(ক) 80 $kJmol^{-1}$; (খ) 60 $kJmol^{-1}$, (গ) 40$kJmol^{-1}$ (ঘ) শূন্য

১৯। কোন্ বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি নির্ণয়ে মূলত কোন্‌টি সহায়ক হবে–

(ক) তাপমাত্রা (খ) বিক্রিয়কের প্রকৃতি, (গ) সংঘর্ষ হার, (ঘ) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা;

২০। $2N_2O_5$ (g) ⟶ $4NO_2$ (g) + $O_2$; এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, হার সমীকরণ হল $r = k \times [N_2O_5]$; নিচের কোন্‌টি সঠিক নয়?

(ক) দুটি মৌলিক বিক্রিয়া ঘটে; (খ) মৌলিক বিক্রিয়াটিতে 1 mol $N_2O_5$ থাকে;

(গ) দ্বি আণবিক বিক্রিয়া; (ঘ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া।

২১। একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার $k = 2.83 \times 10^{-3}$ $s^{-1}$, একই তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির $t_{\frac{1}{2}}$ কত?

(ক) $2.1 \times 10^3$s, (খ) $2.45 \times 10^2$s, (গ) $2.54 \times 10^3$s (ঘ) $5.24 \times 10^{2}$ s

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। খ, ২। ক, ৩। গ, ৪। ক, ৫। গ, ৬। খ, ৭। খ, ৮। গ, ৯।খ, ১০।খ, ১১। ঘ, ১২। গ, ১৩। খ, ১৪। গ, ১৫। ক, ১৬। ঘ, ১৭। ঘ, ১৮। গ, ১৯। খ, ২০। গ, ২১। খ।

## খ–২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Completion-MCQ)

### ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরে ঃ

১। বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল বাড়লে বিক্রিয়ার হার –

(i) অপরিবর্তিত থাকে, (ii) বৃদ্ধি পায় (iii) হ্রাস পায়

কোন্‌টি সঠিক হবে— চুনাপাথর ও HCl এসিডের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) (গ) (iii) (ঘ) (i)

http://pdfcorner.com

২। বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামক হল—

(i) তাপমাত্রা (ii) চাপ (iii) বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল

কোন্ কোন্‌টি হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনে কার্যকরী?

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৩। বিক্রিয়ার ক্রম নির্ভর করে নিম্নোক্ত বিষয়ের উপর –

(i) বিক্রিয়ার আণবিক সমীকরণ; (ii) পরীক্ষা নির্ভর নির্দিষ্ট বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা;

(iii) বাহ্যিক অবস্থা, চাপ ও তাপমাত্রা

সঠিক উত্তর কোন্‌টি হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৪। অ্যালিফেটিক এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ HCl এসিড অধিক পানিসহ করা হলে বিক্রিয়াটির ক্রম হয়–

(i) শূন্য ক্রম (ii) ১ম ক্রম (iii) ২য় ক্রম

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) ((iii) (ঘ) (ii) অথবা (iii)

৫। কোন্ রাসায়নিক বিক্রিয়ার হারের উপর সক্রিয়ণ শক্তির প্রভাব হল–

(i) সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা কম হলে বিক্রিয়ার হার বেশি হয়।

(ii) সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা বেশি হলে বিক্রিয়ার হার কম হবে।

(iii) বিক্রিয়ার হারের উপর সক্রিয়ণ শক্তির কোন্ প্রভাব নেই।

কোন্ উক্তিটি সঠিক?

(ক) (i) (খ) (ii) (গ) (i) ও (ii) (ঘ) (iii)

৬। উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রভাবক ব্যবহার করলে–

(i) বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা ডান দিকে সরে যায়, (ii) বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়,

(iii) সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস পায়,

কোন্ কোন্ উক্তি হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনে সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) (ঘ) (ii)

৭। জৈব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এনজাইম বিশেষ ভূমিকা পালন করে। এনজাইমের জন্য নিচের উক্তিগুলো প্রযোজ্য–

(i) এনজাইম হল টারসিয়ারি প্রোটিন,

(ii) এনজাইম ক্রিয়াশীল থাকে 37°C ও দ্রবণের pH 7 এর কাছাকাছি হলে,

(iii) একই এনজাইম বিভিন্ন জৈব বিক্রিয়ায় কার্যকরী হয়।

কোন্‌টি এনজাইমের জন্য সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (iii)

৮। সাধারণত 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ বা তিনগুণ বৃদ্ধি পায়। কারণ –

(i) বিক্রিয়কের গতিবেগ বৃদ্ধি পায়; (ii) সংঘর্ষ হার বৃদ্ধি পায়; (iii) অধিক অণুর সক্রিয়ণ শক্তির লাভ;



http://pdfcorner.com

কোন্ তথ্য সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৯। নিচের তথ্যগুলো বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কীয় ঃ

(i) অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ ঃ $Ink = InA - E_a/RT$

(ii) তাপমাত্রা 10K বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ হয়;

(iii) logk বনাম $T^{-1}$ লেখের ঢাল থেকে $E_a$ বের করা যায়;

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

১০। আণবিকত্ব ভিত্তিক নিচের তথ্যগুলো ভাল করে পড় –

(i) মৌলিক বিক্রিয়ার সমীকরণ নির্ভর; (ii) আণবিকত্ব বাহ্যিক অবস্থা নির্ভর নয়;

(iii) বিক্রিয়ার হার = $k \times [A]^n$

নিচের কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (iii) ও (iii)

১১। শূন্যক্রম বিক্রিয়ার তথ্যগুলো ভাল করে পড় –

(i) সালোক সংশ্লেষণ বিক্রিয়া; (ii) হার ধ্রুবকের একক $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$

(iii) বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা বনাম t (সময়) লেখটি মূলবিন্দুগামী হয়;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

১২। ১ম ক্রম বিক্রিয়ার তথ্যগুলো ভাল করে পড় –

(i) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার উপর $t_1/_2$ নির্ভর করে না; (ii) কখনো সম্পূর্ণভাবে শেষ হয় না:

(iii) ১ম ক্রম বিক্রিয়ার k বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা নির্ভর,

কোন্‌টি সঠিক হবে–

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) ( ঘ) (ii) ও (iii)

১৩। ২য় ক্রম বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ ঃ

(i) অর্ধায়ু প্রাথমিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক; (ii) k এর একক $Lmol^{-1}\ s^{-1}$

(iii) দুটি বিক্রিয়কের মধ্যে একটির ঘনমাত্রা অধিক হলে বিক্রিয়াটি ১ম ক্রমের হবে।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii ও (iii)

১৪। শিল্পক্ষেত্রে প্রভাবক ব্যবহারে উৎপাদন ব্যয় হ্রাস পায়; এর কারণগুলো–

(i) বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস করে; (ii) বিক্রিয়া সহজ বিকল্প পথে ঘটে;

(i) বিক্রিয়ার হার অধিক বৃদ্ধি পায়;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(i) ও (ii) (খ) (i) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) ( ঘ) (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

১৫। এনজাইম সম্পর্কীয় তথ্যগুলো ভাল করে পড় –

(i) গঠনগতভাবে এনজাইম টারসিয়ারি প্রোটিন; (ii) প্রভাবনের শর্ত 37°C , pH = 7

(iii) সুনির্দিষ্ট ক্রিয়াশীলতা;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। খ, ২। ক, ৩। খ, ৪। খ, ৫। গ, ৬। খ, ৭। ক, ৮। ঘ, ৯।ঘ, ১০। ঘ, ১১। খ, ১২। ক, ১৩। গ, ১৪। খ, ১৫। ক।

## খ–৩ MCQ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set MCQ)

১। বিক্রিয়কের হারের উপর ঘনমাত্রা ও তাপমাত্রার প্রভাব পরীক্ষার বিক্রিয়াটি দেখ। এ বিক্রিয়াভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

$Na_2S_2O_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + SO_2 + S + H_2O$

(১) উপরের বিক্রিয়ায় যে কোন একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে $SO_2$ গ্যাসের নির্গমণহার কীরূপ হবে

(ক) বাড়বে (খ) কমবে, (গ) অর্ধেক হবে, (ঘ) অপরিবর্তিত থাকবে

(২) বিক্রিয়ার তাপমাত্রা 10K বৃদ্ধি করলে S এর অধঃক্ষেপ কীরূপ হবে –

(ক) অপরিবর্তিত থাকবে, (খ) অধঃক্ষেপ কমবে, (গ) অধঃক্ষেপ দ্বিগুণ হবে, (ঘ) অধঃক্ষেপ অর্ধেক হবে।

২। নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণে HCl এসিড যোগ করলে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটেঃ

$Na_2S_2O_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + SO_2 + S + H_2O$

এ বিক্রিয়াভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) 10 সেকেন্ডে $10^{-4}$ mol সালফার অধঃক্ষিপ্ত হলে বিক্রিয়াটির গড় গতিবেগ কত হবে?

(ক) $10^{-3}$ mol $s^{-1}$ (খ) $10^{-2}$ mol $s^{-1}$ (গ) $10^{-5}$ mol $s^{-1}$ (ঘ) $1.5 \times 10^{-5} s^{-1}$

(২) বিক্রিয়াটির তাপমাত্রা 10°C বৃদ্ধি করলে সালফারের দ্বিগুণ অধঃক্ষেপ পড়ে। কারণ – (i) সক্রিয়ণশক্তি যুক্ত অণুর সংখ্যা বাড়ে; (ii) অধিক সক্রিয়ণকৃত অণু বিক্রিয়া করে, (iii) অণুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৩। পার্শের চিত্রে বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা ও শক্তি পর্বত দেখানো হয়েছে; এ চিত্রভিত্তিক নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) এক্ষেত্রে বিক্রিয়া এনথালপির মান হবে–

(ক) $\Delta E_1 - \Delta H_2$ (খ) $\Delta E_1$ (খ) $\Delta E_2$ (ঘ) $-\Delta E_2$

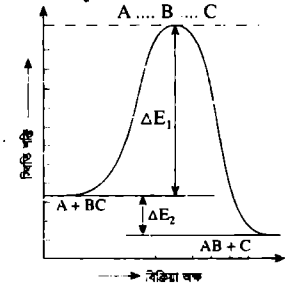
(২) চিত্রভিত্তিক কিছু তথ্য দেওয়া হল –

(i) বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি হল $\Delta E_1$; (ii) বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী;

(iii) বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি > উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii), (গ) (ii) (ঘ) (iii)




**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১ (১) ক, (২) গ; ২। (১) গ, (২) ক;

৩। (১) ঘ, (২) খ।

http://pdfcorner.com

# ১৪ মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম
# PERIODIC PROPERTIES OF ELEMENTS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস ও পর্যায় সারণি;
- মৌলের ভৌত ধর্মের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন;
- সারণির তৃতীয় পর্যায়ে মৌলসমূহের ধর্মের পরিবর্তনের ধারা;
- তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে অক্সিজেন, ক্লোরিন ও পানির বিক্রিয়া;
- তাদের অক্সাইডসমূহের সংকেত ও অম্লক্ষারক ধর্ম;
- ক্লোরাইডসমূহের সংকেত ও পানির সাথে বিক্রিয়া।

## ১৪.১। ভূমিকা
### Introduction

**মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ঃ** যে কোন মৌলের অনেক ভৌত ধর্ম এবং সব রাসায়নিক ধর্ম তার ইলেকট্রন বিন্যাস, বিশেষত সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল। **মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধির সাথে পরিবর্তিত হয়ে বিভিন্ন সুনির্দিষ্ট সংখ্যার (2, 8, 8, 18, 18, 32) ব্যবধানের পর অনুরূপ ধরনের ইলেকট্রন বিন্যাস সর্ববহিঃস্থ শক্তিস্তরে হয়। মৌলসমূহের ধর্মাবলি একইভাবে ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়ে পুনরাবৃত্তি ঘটে। এ কারণে মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরিবর্তনশীল ধর্মসমূহকে পর্যায়বৃত্ত বা পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম বলা হয়।** এ সব পর্যায়বৃত্ত ধর্মের মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে— (১) মৌলের যোজনী ও জারণ সংখ্যা, (২) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, (৩) আয়নিক ব্যাসার্ধ, (৪) পারমাণবিক ঘনত্ব, (৫) আয়নীকরণ শক্তি, (৬) ইলেকট্রন আসক্তি, (৭) তড়িৎ ঋণাত্মকতা, (৮) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক (৯) ধাতব ও অধাতব প্রকৃতি, (১০) তাপ–পরিবাহিতা, (১১) জারণ–বিজারণ ধর্ম, (১২) বন্ধন শক্তি ইত্যাদি।

অবস্থান্তর ও আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলসমূহের ধর্ম প্রধানত তাদের আংশিক পূর্ণ d ও f অরবিটালে অবস্থিত ইলেকট্রন দ্বারাই বিশেষভাবে প্রভাবান্বিত হয়। এজন্য পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তনের সাথে এদের অনেক ধর্মের পরিবর্তন বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয় না। [ প্রতিনিধিত্বমূলক মৌলসমূহ এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের জন্যই উপরিউক্ত ধর্মাবলি বিশেষভাবে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং এ সব ধর্ম আলোচনার সময় **প্রতিনিধিত্বমূলক ও নিষ্ক্রিয় মৌলের** উদাহরণই উল্লেখ করা হয়েছে। বিশেষত জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক প্রদত্ত সিলেবাস অনুযায়ী **তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের বিষয়ে বিশেষ আলোচনা করা হয়েছে।]**

## ১৪.২। মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও পর্যায় সারণি
### Electronic Configuration of Elements and Periodic Table

যে কোন মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে পর্যায় সারণিতে ঐ মৌলের অবস্থান সহজেই নির্ণয় করা যায়। মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে **সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান যত, মৌলটি তত পর্যায়ে অবস্থিত।** মৌলের গ্রুপ নির্ধারণের জন্য ইলেকট্রন বিন্যাস গভীরভাবে পর্যবেক্ষণ করা প্রয়োজন। পর্যায় সারণি অধ্যায়ে এ সম্পর্কে

http://pdfcorner.com

বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। এখানে শুধুমাত্র A উপশ্রেণীর ও শূন্য গ্রুপের মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস উল্লিখিত হল। A উপশ্রেণীর ক্ষেত্রে মৌলের পরমাণুর **সর্বশেষ শক্তি স্তরের s ও p অরবিটালে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা তার গ্রুপের সংখ্যা নির্দেশ করে।** যেমন,

**সারণি ১৪.১ ঃ তৃতীয় পর্যায়ের প্রতিরূপী মৌলসমূহ।**

| গ্রুপ সংখ্যা | মৌলের বহিঃস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস | পর্যায় নির্দেশক সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান, n = 3 |
|---|---|---|
| গ্রুপ I A | $= ns^1$ | উদাহরণ Na = $3s^1$ |
| গ্রুপ II A | $= ns^2$ | উদাহরণ Mg = $3s^2$ |
| গ্রুপ III A | $= ns^2\ np^1$ | উদাহরণ Al = $3s^2\ 3p^1$ |
| গ্রুপ IV A | $= ns^2\ np^2$ | উদাহরণ Si = $3s^2\ 3p^2$ |
| গ্রুপ V A | $= ns^2\ np^3$ | উদাহরণ P = $3s^2\ 3p^3$ |
| গ্রুপ VI A | $= ns^2\ np^4$ | উদাহরণ S = $3s^2\ 3p^4$ |
| গ্রুপ VII A | $= ns^2\ np^5$ | উদাহরণ Cl = $3s^2\ 3p^5$ |
| গ্রুপ 0 | $= ns^2\ np^6$ | উদাহরণ Ar = $3s^2\ 3p^6$ |

একমাত্র ব্যতিক্রম He, এর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$ কেননা 1p অরবিটালের অস্তিত্ব নেই।

## ১৪·৩। গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক
## Melting and Boiling Points

**(ক) একই গ্রুপের মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** যে কোন গ্রুপের মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয়। যেমন— গ্রুপ IA এর ক্ষারধাতুসমূহ প্রত্যেকেই নরম ধাতু, নিম্নগলনাঙ্ক বিশিষ্ট। এ গ্রুপের ধাতুসমূহের গলনাঙ্কসমূহ হচ্ছে Li 180.5°; Na 97.8°; K 63.7°; Rb. 39°; Cs 28.6° C। অর্থাৎ একই গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় এবং যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কমে যায়। ফলে পরমাণুর বন্ধন আকর্ষণ কমে যায় বলে IA মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ধীরে ধীরে কমে। উল্লেখ্য যে, এই গ্রুপের প্রথম মৌল লিথিয়াম অন্যান্য মৌলের সাথে খুবই সাদৃশ্য দেখানোর পাশাপাশি কিছুটা ব্যতিক্রমধর্মিতাও দেখায়। এ ব্যতিক্রমধর্মিতা প্রতিটি গ্রুপের প্রথম সদস্যের বেলায় প্রযোজ্য। এ ব্যতিক্রম পরমাণুর ছোট আকারের জন্য হয়।

গ্রুপ VII A-অর্থাৎ হ্যালোজেনসমূহের ক্ষেত্রেও বিভিন্ন ভৌতধর্মে একই রূপ ধারাবাহিক পরিবর্তন দেখা যায়। যেমন এ সব মৌলের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনত্ব পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে বাড়ে।

**সারণি ১৪.২ ঃ হ্যালোজেনসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ**

| মৌল → | ফ্লোরিন | ক্লোরিন | ব্রোমিন | আয়োডিন | অ্যাস্টেটিন |
|---|---|---|---|---|---|
| গলনাঙ্ক (°C) | −233 | −103 | −7.2 | 113.5 | 302 |
| স্ফুটনাঙ্ক (°C) | −118 | −34.6 | 58.76 | 184.35 | 307 |

এই ক্রম ক্ষার ধাতুসমূহের বিপরীতধর্মী। ধাতুর পরমাণুসমূহ ধাতব বন্ধনে আবদ্ধ; কিন্তু হ্যালোজেনের দ্বি-পরমাণুক অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বিদ্যমান।

http://pdfcorner.com

**(খ) একই পর্যায়ে বিভিন্ন মৌলের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** একই পর্যায়ে মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ক্ষেত্রে কোন সরল ধারাবাহিকতা দেখা যায় না। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নিম্নরূপ ঃ

সারণি ১৪.৩ ঃ তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ

| মৌল → | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| গলনাঙ্ক (°C) | 97.8 | 650 | 660 | 1410 | 44 | 119 | –103 | –189 |
| স্ফুটনাঙ্ক (°C) | 883 | 1090 | 2270 | 2355 | 280.5 | 446 | –34.6 | –186 |

মৌল অবস্থায় এদের গঠনের বিভিন্নতার কারণে এ পরিস্থিতির উদ্ভব হয়। **সোডিয়াম থেকে অ্যালুমিনিয়াম পর্যন্ত ধাতব বন্ধন বিদ্যমান।** সোডিয়ামের কেলাসে $Na^+$ আয়ন বিদ্যমান; এ আয়নের আকার বড় এবং মুক্ত একটি মাত্র ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণ কম। এ কারণে এ কেলাসের গলনের জন্য খুব বেশি শক্তির প্রয়োজন হয় না; অর্থাৎ এর গলনের এনথালপি কম এবং সে কারণে এর গলনাঙ্ক কম। অপরদিকে ম্যাগনেসিয়াম কেলাসে দ্বি–আধান–বিশিষ্ট $Mg^{2+}$ আয়ন ও দুটি মুক্ত ইলেকট্রন থাকে এবং অ্যালুমিনিয়ামের কেলাসে ত্রিআধানবিশিষ্ট $Al^{3+}$ আয়ন ও তিনটি মুক্ত ইলেকট্রন বিদ্যমান। **মুক্ত ইলেকট্রনের উপর এদের আকর্ষণ বেশি। এ কারণে এদের ধাতব বন্ধনের দৃঢ়তার বৃদ্ধির সাথে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অধিক হয়।**

সিলিকনের কেলাসে অতিবৃহৎ অণু বিদ্যমান, যা Si — Si বন্ধনের মাধ্যমে ত্রিমাত্রিক জাল হিসেবে গঠিত। এ কেলাসকে গলনের জন্য অনেক Si–Si বন্ধন ভাঙা প্রয়োজন, তাতে অনেক শক্তির প্রয়োজন। অতএব **সিলিকনের গলনের এনথালপি অনেক বেশি এবং গলনাঙ্কও অনেক উচ্চ। একই কারণে এর স্ফুটনাঙ্কও অনেক বেশি।**

পরবর্তী মৌল ফসফরাস এর শ্বেত রূপভেদ $P_4$ অণু হিসেবে থাকে। এ অণু বিশুদ্ধ সমযোজী প্রকৃতির। বিভিন্ন **অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালসের শক্তি আন্তঃআণবিক বল হিসেবে বিদ্যমান। সেহেতু এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম।** তবে $P_4$ অণু হিসেবে থাকায় এর আণবিক ভর কিছুটা বেশি। তাই এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক তাপমাত্রা একেবারে কম নয়।

সালফারের অণু $S_8$ হিসেবে বিদ্যমান। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট হওয়ায় **সালফারের অণু বিশুদ্ধ সমযোজী প্রকৃতির।** ফলে বিভিন্ন অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালসের শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে **বিদ্যমান। ফলে এ অণুসমূহকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করতে কম শক্তির প্রয়োজন হয়। তাই এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম।** তবে এক একটি অণু ৮টি সালফার পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট হওয়ায় এর আণবিক ভর বেশি; তাই বিশুদ্ধ সমযোজী অর্থাৎ অপোলার হওয়া সত্ত্বেও এর স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক কিছুটা বেশি ($P_4$, $Cl_2$ ও Ar এর তুলনায়)।

**ক্লোরিন অণু** দুটি পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্ট হওয়ায় $Cl_2$ অণু পুরোপুরি অপোলার অর্থাৎ **বিশুদ্ধ সমযোজী** প্রকৃতির। ফলে বিভিন্ন $Cl_2$ অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে বিদ্যমান। এ কারণে $Cl_2$ অণুসমূহকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করতে খুব কম শক্তির প্রয়োজন হয় (লক্ষ কর ক্লোরিন পরমাণুসমূহকে বিচ্ছিন্ন করা হচ্ছে না অর্থাৎ Cl–Cl বন্ধন ভাঙা হচ্ছে না)। সুতরাং **$Cl_2$ এর গলনের ও বাষ্পীভবনের এনথালপি অনেক কম। একই কারণে এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম।**

পরবর্তী মৌল আর্গন নিষ্ক্রিয় গ্যাস হওয়ায় একপরমাণুক অণু হিসেবে বিদ্যমান। একটি অণুর সাথে অন্য অণুর আকর্ষণ অর্থাৎ আন্তঃআণবিক শক্তি খুবই কম। সুতরাং এর গলনের ও বাষ্পীভবনের এনথালপি এবং গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুবই কম।

## ১৪·৪। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকার ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ
### Sizes of Atoms and atomic radii of different Elements

**পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ঃ** সাধারণভাবে কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের কেন্দ্র ও এর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন স্তরের মধ্যবর্তী দূরত্বকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ধরা হয়। বাস্তবে পরমাণুর কেন্দ্র বহির্ভূত ইলেকট্রন মেঘের সঠিক অবস্থান জানা অনিশ্চিত বলে এ দূরত্ব নির্ণয় করা বেশ কঠিন। তবে ব্র্যাগের রঞ্জন রশ্মি বিবর্তন (X-ray diffraction), রমন বর্ণালী (Raman spectra), আণবিক বর্ণালী বিশ্লেষণের সাহায্যে অণুর আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্ব পরিমাপ করে

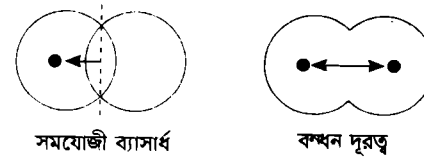
http://pdfcorner.com

পারমাণবিক ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা হয়। মৌলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে পরমাণুর আকার নিম্নোক্ত তিনভাবে প্রকাশ করা হয়।

(১) সমযোজী ব্যাসার্ধ, (২) ধাতব ব্যাসার্ধ ও (৩) ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ। এছাড়া আয়নিক ব্যাসার্ধ দ্বারা আয়নসমূহের আকার প্রকাশ করা হয়।

**(১) সমযোজী ব্যাসার্ধ ঃ** কোন মৌলের দুটি পরমাণুর একক সমযোজী বন্ধনে যুক্ত অবস্থায় উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যকার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ বলে।

**সমযোজী ব্যাসার্ধকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হিসেবে গণ্য করা হয়।** দুটি পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধের যোগফল হল তাদের দ্বারা গঠিত অণুর বন্ধন দূরত্ব। [ চিত্র ১৪.১]




চিত্র ১৪.১ ঃ সমযোজী ব্যাসার্ধ ও বন্ধন দূরত্ব।

**উদাহরণ ঃ** হীরকে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যকার আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্ব বা (C—C বন্ধন দূরত্ব), রঞ্জন রশ্মি বিবর্তন পরীক্ষা হতে 0.154 nm বা, 154 pm গণনা করা হয়। তাই কার্বন পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ হবে এর অর্ধেক = 0.154/2 nm = 0.077 nm, বা, 77 pm (pico metre)।

**পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** মৌলসমূহের পরমাণুর আকার একটি পর্যায়বৃত্ত ধর্ম। যে কোন পর্যায়ে যতই বামদিক থেকে ডানদিকে যাওয়া যায়, অর্থাৎ পারমাণবিক সংখ্যা যতই বাড়ে, পরমাণুর আকার ততই হ্রাস পায়। এর কারণ হচ্ছে একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি করে ইলেকট্রন যুক্ত হয়, কিন্তু ইলেকট্রনের স্তর সংখ্যা বাড়ে না। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির অর্থ নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক আধানের বৃদ্ধি। ফলে ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াস কর্তৃক আরো জোরে আকৃষ্ট হয়। ফলে পরমাণুর আকার তথা পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।

যেমন ৩য় পর্যায়ে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস দেয়া হল।

($1nm = 10^{-9}m$, $1\ pm = 10^{-12}m$)

**সারণি ১৪.৪ ঃ তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।**

| মৌল → | Na (11) | Mg(12) | Al (13) | Si (14) | P (15) | S (16) | Cl (17) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ইলেকট্রন বিন্যাস | 2,8,1 | 2,8,2 | 2,8,3 | 2,8,4 | 2,8,5 | 2,8,6 | 2,8,7 |
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm) | 157 | 136 | 125 | 117 | 110 | 104 | 99 |
| পরমাণুর আপেক্ষিক আকার | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |

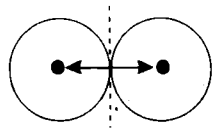
**গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** একই গ্রুপের মৌলসমূহের বেলায় নিচের দিকের পরমাণুর ইলেকট্রনের জন্য নতুন কক্ষপথ বা শক্তিস্তর যুক্ত হয়, ফলে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। যেমন, গ্রুপ–IA এর ক্ষেত্রে মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ক্রম বৃদ্ধি পায়। যেমন, গ্রুপ IA মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধের ক্রম বৃদ্ধি দেখানো হল।

**সারণি ১৪.৫ ঃ গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।**

| মৌল | ইলেকট্রন বিন্যাস স্তর | পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm) | আপেক্ষিক পাঃ আকার |
|---|---|---|---|
| Li (3) | 2,1 | 123 | ⊙ |
| Na (11) | 2,8,1 | 157 | ⊙ |
| K (19) | 2,8,8,1 | 203 | ⊙ |
| Rb (37) | 2,8,18,8,1 | 216 | ⊙ |
| Cs (55) | 2,8,18,18,8,1 | 235 | ⊙ |

http://pdfcorner.com

**(২) ধাতব ব্যাসার্ধ ঃ** ধাতুর কেলাসে পরস্পর সংলগ্ন দুটি পরমাণুর আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ ধাতুর ধাতব ব্যাসার্ধ বলা হয়। ধাতব ব্যাসার্ধ সাধারণত সমযোজী ব্যাসার্ধ অপেক্ষা প্রায় 10 — 20% বেশি হয়। উভয় প্রকার দূরত্ব হতে বোঝা যায় ধাতব কেলাসের ধাতব বন্ধন সমযোজী বন্ধন অপেক্ষা দুর্বল হয়। যেমন, সোডিয়াম ধাতুর কেলাসে পরস্পর সংলগ্ন দুটি Na পরমাণুর কেন্দ্র মধ্যবর্তী দূরত্ব হল 372 pm. সুতরাং Na-এর ধাতব ব্যাসার্ধ = 372/2 pm = 186 pm.



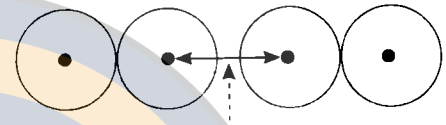
ধাতব ব্যাসার্ধ

চিত্র ১৪.২ ঃ ধাতব ব্যাস ও ব্যাসার্ধ

সমযোজী ব্যাসার্ধের সাথে ধাতব ব্যাসার্ধের তুলনা করার জন্য নিচে গ্রুপ IA-এর মৌলসমূহের সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm) ও ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) দেখানো হল।

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm) ঃ | Li | 123 | Na | 157 | K | 203 | Rb | 216 | Cs | 235 |
| ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) ঃ | Li | 152 | Na | 186 | K | 227 | Rb | 248 | Cs | 263 |

**(৩) ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ ঃ** কঠিন অবস্থায় অণুগুলোর মধ্যে যখন দুর্বল ভ্যান্ডার ওয়ালস বল কার্যকরী থাকে, তখন নিকটতম দুটি অণুর পাশাপাশি পরমাণুদ্বয়ের আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্বের অর্ধেককে ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ বলে। কোন পরমাণুর ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ তার সমযোজী ব্যাসার্ধ অপেক্ষা একটু বেশি হয়। যেমন,



ভ্যান্ডার ওয়ালস্ ব্যাস

চিত্র ১৪.৩ ঃ ভ্যান্ডার ওয়ালস্ ব্যাসের অর্ধেক হল ভ্যান্ডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ।

আয়োডিনের কেলাসে আয়োডিনের দ্বিপরমাণুক সমযোজী অণুস্থিত একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াস ও এর নিকটতম অণুসমূহের একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী দূরত্ব হল 430 pm। সুতরাং আয়োডিন পরমাণুর ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধ হল 430/2 pm = 215 pm। অপরদিকে আয়োডিন পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ হল 128 pm ।

পর্যায় সারণিতে বিভিন্ন মৌলের সমযোজী ব্যাসার্ধের মত ভ্যানডার ওয়ালস্ ব্যাসার্ধও একই পর্যায়ে বাম দিক থেকে ডান দিকে কম হয় এবং একই গ্রুপে উপর থেকে নিচের দিকে বাড়তে থাকে।

**(৪) আয়নিক ব্যাসার্ধ ঃ** কোন পরমাণু থেকে ধনাত্মক আয়ন অথবা ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টির পর ঐ আয়নের নিউক্লিয়াসের কেন্দ্র ও তার পরিবর্তিত সর্বশেষ ইলেকট্রন শক্তিস্তরের দূরত্বকে আয়নিক ব্যাসার্ধ বলা হয়।

**(i) ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ তার পারমাণবিক ব্যাসার্ধ অপেক্ষা কম হয়।** কারণ, পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপসারিত হলে প্রধান শক্তিস্তর হ্রাস পায় অথবা অবশিষ্ট ইলেকট্রনসমূহের মধ্যে বিকর্ষণ হ্রাস পায়, কিন্তু নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে বলে অবশিষ্ট ইলেকট্রনসমূহ নিউক্লিয়াস কর্তৃক পূর্বের চেয়ে অধিক আকৃষ্ট হয়।

কয়েকটি মৌলের পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ ও এদের আয়নিক ব্যাসার্ধ নিম্নরূপ ঃ

সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm) Li (123) Na (157) K (203) Be (89) Mg (136)

আয়নিক ব্যাসার্ধ (pm) $Li^+$ (68) $Na^+$ (95) $K^+$ (133) $Be^{2+}$ (34) $Mg^{2+}$ (78)

ধনাত্মক চার্জ যত বেশি হয় আয়নিক ব্যাসার্ধ তত হ্রাস পায়। যেমন, পিকোমিটার (pm) এককে আয়রন পরমাণুর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও তার দুটি ভিন্ন চার্জযুক্ত আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ দেখানো হল।

Fe 126 (pm) $Fe^{2+}$ 74 (pm) $Fe^{3+}$ 64 (pm)

**(ii) অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ তার পারমাণবিক ব্যাসার্ধ অপেক্ষা বেশি হয়।** কারণ, পরমাণুতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন পূর্বের একই ইলেকট্রন শক্তিস্তরে প্রবেশ করলে তাদের মধ্যে বিকর্ষণ পূর্বের চেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ ইলেকট্রনগুলোর কক্ষপথের আকার একটু বেড়ে যায়। কিন্তু নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে বলে অধিক সংখ্যক ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াস পূর্বের মত আকর্ষণ করতে পারে না। ফলে ইলেকট্রন মেঘের বিস্তৃতি ঘটে অ্যানায়নের আকার নিরপেক্ষ পরমাণু অপেক্ষা বৃদ্ধি পায়। যেমন, পিকোমিটার (pm) এককে কয়েকটি পরমাণু ও তাদের ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ দেখানো হল।

N 70 (pm) O 66 (pm) F 64 (pm) P 110 (pm) S 104 (pm) Cl 99 (pm)

$N^{3-}$ 171(pm) $O^{2-}$ 140(pm) $F^-$ 136(pm) $P^{3-}$ 212(pm) $S^{2-}$ 184(pm) $Cl^-$ 181(pm)

http://pdfcorner.com

## ১৪·৫। আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব বা পটেনশিয়াল Ionisation Potential

**সংজ্ঞা ঃ** গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে একে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মোল একক ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সেই মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব বলা হয়।

প্রকৃতপক্ষে এক মোল চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু থেকে একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট এক মোল আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে প্রথম আয়নীকরণ বিভব বা প্রথম আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়। যেমন,

$$Na(g) \longrightarrow Na^+(g) + e^- \qquad \Delta H = +496\ kJmol^{-1}$$
1 mol 1 mol 1 mol

$$K(g) \longrightarrow K^+(g) + e^- \qquad \Delta H = +418k\ J\ mol^{-1}$$

$$Mg(g) \longrightarrow Mg^+(g) + e^- \qquad \Delta H_1 = +738\ kJmol^{-1}$$

এক মোল একক চার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন থেকে এক মোল দ্বিচার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব বলা হয়। যেমন,

$$Mg^+(g) \longrightarrow Mg^{2+}(g) + e^- \qquad \Delta H_2 = +1450\ kJmol^{-1}$$

মৌলের আয়নীকরণ শক্তি নিম্নোক্ত বিষয়ের উপর নির্ভরশীল;

(i) **পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়**—এটি হল গ্রুপ ভিত্তিক সম্পর্ক।

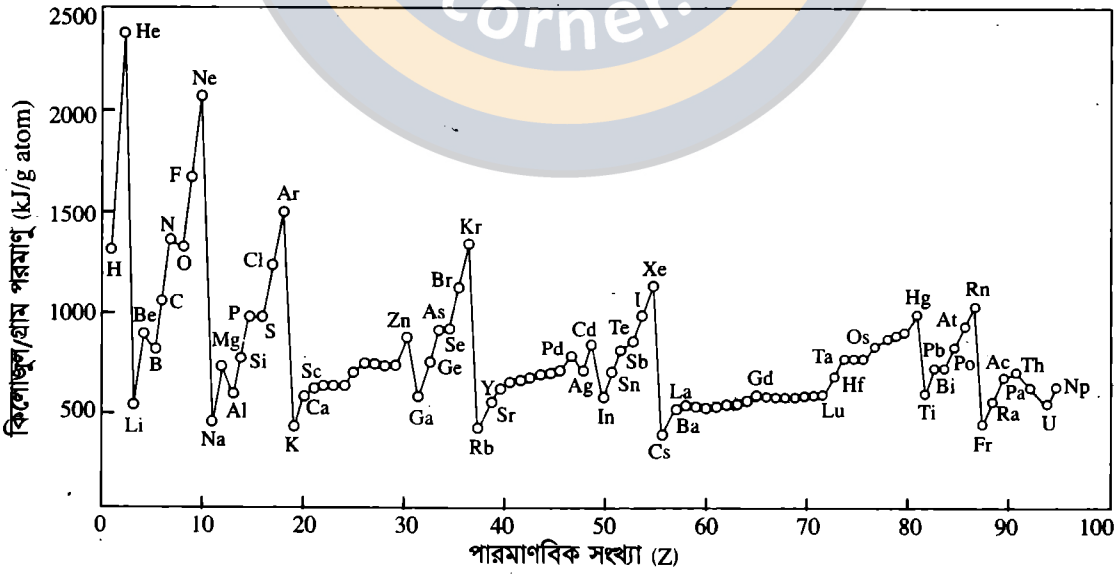
(ii) **নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়**—এটি হল পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

(iii) **পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালযুক্ত পরমাণুর** অধিক সুস্থিতির কারণে পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্কে ব্যতিক্রম ঘটে।

**(ক) গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ** সাধারণভাবে **পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নীকরণ শক্তি কমতে থাকে।** এর কারণ হচ্ছে একই গ্রুপ বা শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে ইলেকট্রনের শক্তিস্তর বাড়তে থাকে, ফলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমশ দূরবর্তী হয় এবং এর উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ কমতে থাকে। তাই আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব কম হয়; যেমন,

Li = 520 kJ, Na = 496 kJ, K = 418 kJ, Rb = 403 kJ, Cs = 376 kJ.

**(খ) পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক ঃ অনুভূমিকভাবে একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের আয়নীকরণ বিভব সাধারণত ক্রমশ বাড়ে** (কয়েকটি ব্যতিক্রমসহ)। কেননা একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন-এর শক্তিস্তর বাড়ে না, ফলে নিউক্লিয়াস থেকে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্ব বাড়ে না বরঞ্চ কিছু




চিত্র ১৪.৪ ঃ মৌলসমূহের প্রথম আয়নীকরণ বিভব (লেখচিত্র আকারে)।



http://pdfcorner.com

কমে যায়। উপরন্তু নিউক্লিয়াসের চার্জ বৃদ্ধির ফলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনটি অধিকতর দৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট হয় অর্থাৎ তা অপসারণের জন্য অধিকতর শক্তির প্রয়োজন হয়। এতে বোঝা যায় যে, **যে কোন পর্যায়ে IA-উপশ্রেণীর মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে বেশি।**

**সারণি ১৪.৬ ঃ ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি।**

| ২য় পর্যায়ের মৌল | | Li(3) | Be(4) | B(5) | C(6) | N(7) | O(8) | F(9) | Ne(10) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| আয়নীকরণ শক্তি ($kJmol^{-1}$) | $E_1$ | 520 | 900 | 800 | 1086 | 1403 | 1314 | 1680 | 2080 |
| | $E_2$ | 7297 | 1757 | 2426 | 2352 | 2855 | 3388 | 3375 | 3963 |
| | $E_3$ | 11,810 | 14,845 | 3659 | 4714 | 4576 | 5296 | 6045 | 6130 |

**(গ) ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক সম্পর্ক ঃ আয়নীকরণ শক্তি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপরও নির্ভরশীল।** তাই অনুভূমিক পর্যায়ে আয়নীকরণ বিভবের ক্রমশ বৃদ্ধির ক্ষেত্রে কিছু ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়। যেমন—

**(১) বোরনের আয়নীকরণ বিভব বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম।**

**(২) অক্সিজেনের আয়নীকরণ বিভব নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম।**

সাধারণত একই পর্যায়ে পাঃ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ বিভব বৃদ্ধি পায়। তবে–

পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর আয়নীকরণ বিভব নির্ভর করে। বোরন ও বেরিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ বিভব নিম্নরূপ ঃ

$$Be(4) \longrightarrow 1s^2 2s^2 \qquad I.P. = 900\ kJmol^{-1}$$

$$B(5) \longrightarrow Is^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^0 \qquad I.P. = 800\ kJmol^{-1}$$

সাধারণত পরমাণুর পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালসমূহ অধিকতর স্থিতিশীল হয়ে থাকে। বোরনের ইলেকট্রন বিন্যাস $B(5) = Is^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^0$। এক্ষেত্রে $2p_x^1$ ইলেকট্রনটি সরাতে কিছুটা কম শক্তির প্রয়োজন হয়। কেননা, তা দ্বারা $1s^2 2s^2$ ইলেকট্রনের অধিকতর স্থিতিশীল বিন্যাস অর্জিত হয়। এক্ষেত্রে 2s অরবিটাল যুগলবদ্ধ হয়ে পূর্ণ আছে। অপরদিকে বেরিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস $Be(4) = 1s^2 2s^2$ হওয়ায় তা অধিকতর স্থিতিশীল এবং এটি থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করলে যুগলবদ্ধ $2s^2$ ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙতে হয়। এ কারণে **বেরিলিয়ামের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশি।**

অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ বিভব নিম্নরূপ ঃ

$$N(7) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1 \qquad I.P. = 1403\ kJmol^{-1}$$

$$O(8) \longrightarrow Is^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1 \qquad I.P. = 1314\ kJmol^{-1}$$

অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস $O(8) = 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ হওয়ায় তা থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$। একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত অক্সিজেন $O^+$ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটালসমূহ থাকায় তা তুলনামূলকভাবে অধিকতর স্থিতিশীল। ফলে অক্সিজেন–এর প্রথম আয়নীকরণ বিভব তুলনামূলকভাবে কম। অন্যদিকে নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $N(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ যা অর্ধপূর্ণ তিনটি 2p অরবিটালের কারণে তুলনামূলকভাবে স্থিতিশীল। এটি থেকে **একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে এ স্থিতিশীলতা ভঙ্গ হয়। ফলে নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ বিভব স্বাভাবিক অপেক্ষা কিছু বেশি হয়। এ কারণে নাইট্রোজেনের অপেক্ষা অক্সিজেনের পারমাণবিক সংখ্যা বেশি হলেও নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা বেশি।**

http://pdfcorner.com

অপরদিকে নাইট্রোজেনের দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেনের দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা অনেক কম। দ্বিতীয়ত, $O^+$ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে ($1s^2 2s^2 2p^3$) অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটালের কারণে অধিকতর স্থিতিশীল হওয়ায় তা হতে ইলেকট্রন অপসারণে অধিকতর শক্তির প্রয়োজন হয়।

**(ঘ) মৌলের ধর্ম নির্ণয়ে আয়নীকরণ বিভবের গুরুত্ব**

যে কোন মৌলের আয়নীকরণ বিভবের মান হতে সে মৌলের কতিপয় ধর্ম সম্পর্কে জানা যায়। তন্মধ্যে নিম্নলিখিতগুলো বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

**(i) ধাতব ও অধাতব ধর্ম ঃ** যে মৌল হতে যত সহজে ইলেকট্রন অপসারণ সম্ভব, তা ততই ধাতব প্রকৃতির হয়। কেননা, অপেক্ষাকৃত মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ দ্বারাই ধাতব বন্ধন সৃষ্টি হয়। পর্যায় সারণির বামদিকের মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় এরা ধাতব প্রকৃতির হয় এবং ডানদিকের মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব বেশি হওয়ায় এরা অধাতব প্রকৃতির হয়। সাধারণভাবে বলা যায়, **পর্যায় সারণিতে একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ বিভব বাড়ায় মৌলসমূহের ধাতব প্রকৃতি ক্রমশ হ্রাস পায় এবং অধাতব প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়।** অপরদিকে একই শ্রেণীতে যতই নিচে যাওয়া যায়, ততই আয়নীকরণ বিভব কমে। সুতরাং **একই শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলসমূহের ধাতব প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়।**

প্রকৃতপক্ষে পর্যায় সারণিতে উপর দিকে এবং ডানদিকে কিছু মৌল ব্যতীত অন্যান্য মৌলের আয়নীকরণ বিভব তুলনামূলকভাবে কম হওয়ায় এরা সকলেই ধাতু। অবস্থান্তর ও আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব কম হওয়ায় এরাও সকলেই ধাতু।

**(ii) মৌলের বিজারণ ক্ষমতা ঃ** ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী বিজারণ বলতে ইলেকট্রন সংযোগ এবং জারণ বলতে ইলেকট্রন অপসারণ বোঝায়। সুতরাং যে মৌল যত সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ করতে পারে, তা ততই শক্তিশালী বিজারক হবে। অর্থাৎ **যে মৌলের আয়নীকরণ বিভব যত কম, তা ততই শক্তিশালী বিজারক।** স্বাভাবিকভাবেই IA উপ-শ্রেণীর ভারী মৌলসমূহ সবচেয়ে শক্তিশালী বিজারক।

## ১৪·৬। ইলেকট্রন আসক্তি
## Electron Affinity

**সংজ্ঞা ঃ গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে এক মোল ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মোল একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন সৃষ্টি করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সেই মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়।** এ প্রক্রিয়ায় এক মোল পরমাণুর প্রতিটি চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণু থেকে একক ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট এক মোল আয়নের সৃষ্টি হয়। যেমন,

$$F(g) + e^- \longrightarrow F^-(g) \qquad \Delta H = -333\ kJ\ mol^{-1}$$

$$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g)\ ; \qquad \Delta H = -348\ kJmol^{-1}$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি নিম্নোক্ত বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ঃ

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায় –এটি হল গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক।

(ii) যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায় –এটি সপ্তম গ্রুপে দেখা যায়।

(iii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি বৃদ্ধি পায় –এটি হল পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

http://pdfcorner.com

**(ক) গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে যতই উপর থেকে নিচের দিকে যাওয়া যায়, মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ততই কমে।** কেননা একই গ্রুপে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রনের শক্তি স্তর সংখ্যা বাড়তে থাকে; অর্থাৎ পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায়। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ক্রমশ কম হয়। অবশ্য এই সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম লক্ষ করা যায় কতিপয় দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌলের ক্ষেত্রে। গ্রুপভিত্তিক হ্যালোজেন মৌলসমূহের মধ্যে ফ্লোরিন মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি সবচেয়ে বেশি হওয়া উচিত। কিন্তু তাদের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হল Cl>F>Br>I।

**ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম।** এর কারণ ফ্লোরিন পরমাণুর ক্ষুদ্র আকার। ফ্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্বশেষ শক্তিস্তর হল দ্বিতীয় শক্তিস্তর। তৃতীয় শক্তি স্তরের তুলনায় দ্বিতীয় শক্তি স্তরের আকার ছোট হওয়ায় এবং ক্ষুদ্র পরিসরে সাতটি ইলেকট্রন থাকায় তাতে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের প্রতি দ্বিতীয় শক্তি স্তরের ইলেকট্রনসমূহের পারস্পরিক বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় সামগ্রিকভাবে ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়।

অপরদিকে ক্লোরিনের তৃতীয় শক্তিস্তর বড় হওয়ায় এতে যোজ্যতা স্তরের সাতটি ইলেকট্রন সহজে স্থান করে নেয়। ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পাওয়ায় ইলেকট্রন – ইলেকট্রন বিকর্ষণ কম হয়। এতে আগমনকারী ইলেকট্রন সহজে যোজ্যতা স্তরে প্রবেশ করতে পারে। ফলে ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান ফ্লোরিনের চেয়ে বেশি হয়।

১৪.৭ নং সারণিতে কতিপয় মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান দেয়া হল।

**সারণি ১৪.৭ ঃ কতিপয় মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি, $kJmol^{-1}$।**

| গ্রুপ–IA মৌল | ইলেকট্রন আসক্তি | গ্রুপ VIIA মৌল | ইলেকট্রন আসক্তি |
|---|---|---|---|
| Na | – 79 $kJmol^{-1}$ | F | – 333 $kJmol^{-1}$ |
| K | – 66 $kJmol^{-1}$ | Cl | – 348 $kJmol^{-1}$ |
| Rb | – 47 $kJmol^{-1}$ | Br | – 324 $kJmol^{-1}$ |
| Cs | – 46 $kJmol^{-1}$ | I | – 295 $kJmol^{-1}$ |

**(খ) পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক ঃ ইলেকট্রন আসক্তিও একটি পর্যায়বৃত্ত ধর্ম। একটি পর্যায়ে যতই বাম থেকে ডান দিকে যাওয়া যায় ততই ইলেকট্রন আসক্তির মান বাড়ে।** এর কারণ হচ্ছে, বাম থেকে ডান দিকে যাওয়ার সাথে সাথে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা অর্থাৎ নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়; ফলে ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বৃদ্ধি পায়। ফলে পরমাণুর আকার ক্রমশ হ্রাস পায়। তখন আগমনকারী ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের অধিকতর নিকটে আসে এবং অধিক শক্তি নির্গত হয়। অবশ্য পর্যায় সারণিতে যে কোন পর্যায়ে সর্বশেষ সদস্য অর্থাৎ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বেলায় এটা সত্য নয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাসে অষ্টক পূর্ণ থাকে। তাই **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির পরিমাণ প্রায় শূন্য হয়।**

**২য় ইলেকট্রন আসক্তি ঃ** মৌলের 1 মোল একক ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়নের সাথে 1 মোল ইলেকট্রন সংযোগের ফলে যে শক্তির পরিবর্তন ঘটে, তাকে সেই মৌলের **২য় ইলেকট্রন আসক্তি বলে।**

$$X^-(g) + e^- \longrightarrow X^{2-}(g) ; \quad \Delta H_2 = \text{২য় ইলেকট্রন আসক্তি}$$

http://pdfcorner.com

প্রকৃতপক্ষে এ প্রক্রিয়ায় কোন শক্তি নির্গত হবে না, বরঞ্চ শক্তি প্রদান করতে হবে। কেননা একটি ঋণাত্মক আয়নের নিকট ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট ইলেকট্রন আনতে কাজ করতে হবে। সুতরাং সে মৌলের ২য়, ৩য় প্রভৃতি ইলেকট্রন আসক্তি ধনাত্মক হবে।

যেমন অক্সিজেনের প্রথম ইলেকট্রন আসক্তি ঋণাত্মক এবং দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তি ধনাত্মক হয়। উভয়ের যোগফলও ধনাত্মক হয়।

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $O(g)$ | $+ e^-$ | $\rightarrow O^-(g)$ | $\Delta H_1$ | = | $-141\ kJmol^{-1}$ |
| | $O^-(g)$ | $+ e^-$ | $\rightarrow O^{2-}(g)$ | $\Delta H_2$ | = | $+798\ kJmol^{-1}$ |
| যোগ করে, | $O(g)$ | $+ 2e^-$ | $\rightarrow O^{2-}(g)$ | $\Delta H$ | = | $+657\ kJmol^{-1}$ |

## ১৪·৭। তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা ইলেকট্রোনেগেটিভিটি
**Electronegativity**

**সংজ্ঞা ঃ** কোন সমযোজী যৌগের অণুতে উপস্থিত দুটি ভিন্ন মৌলের পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে একটি পরমাণু কর্তৃক নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার তুলনামূলক ক্ষমতাকে সেই মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলে।

**উদাহরণ ঃ** সমযোজী H–Cl অণুতে একটি বন্ধন ইলেকট্রন-যুগল উভয় পরমাণু শেয়ার করে থাকে; যা উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে আবর্তিত হয়। তবে H এর তুলনায় Cl-এর নিউক্লিয়াস দ্বারা ঐ ইলেকট্রন মেঘ অধিক আকৃষ্ট হওয়ার কারণে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব Cl-পরমাণুর দিকে বেশি হয়ে থাকে। ফলে HCl অণুটির

$$H\bullet\bullet Cl \longrightarrow H\overset{\rightarrow}{:}Cl \longrightarrow \overset{\delta+\ \sigma-}{H\ Cl}$$

H-প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\delta+$) এবং Cl-প্রান্তে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ ($\delta-$) সৃষ্টি হয়। তাই Cl-পরমাণুকে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু বলে। সমযোজী অণুর উভয় পরমাণুর তড়িত ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 থেকে 1.9 এর মধ্যে হলে ঐ সমযোজী অণুটি আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও আংশিক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে পোলার অণু হয়।

মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা নিম্নোক্ত বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ঃ

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায় – এটি হল গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক।

(ii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে তড়িৎঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পায় – এটি হল পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

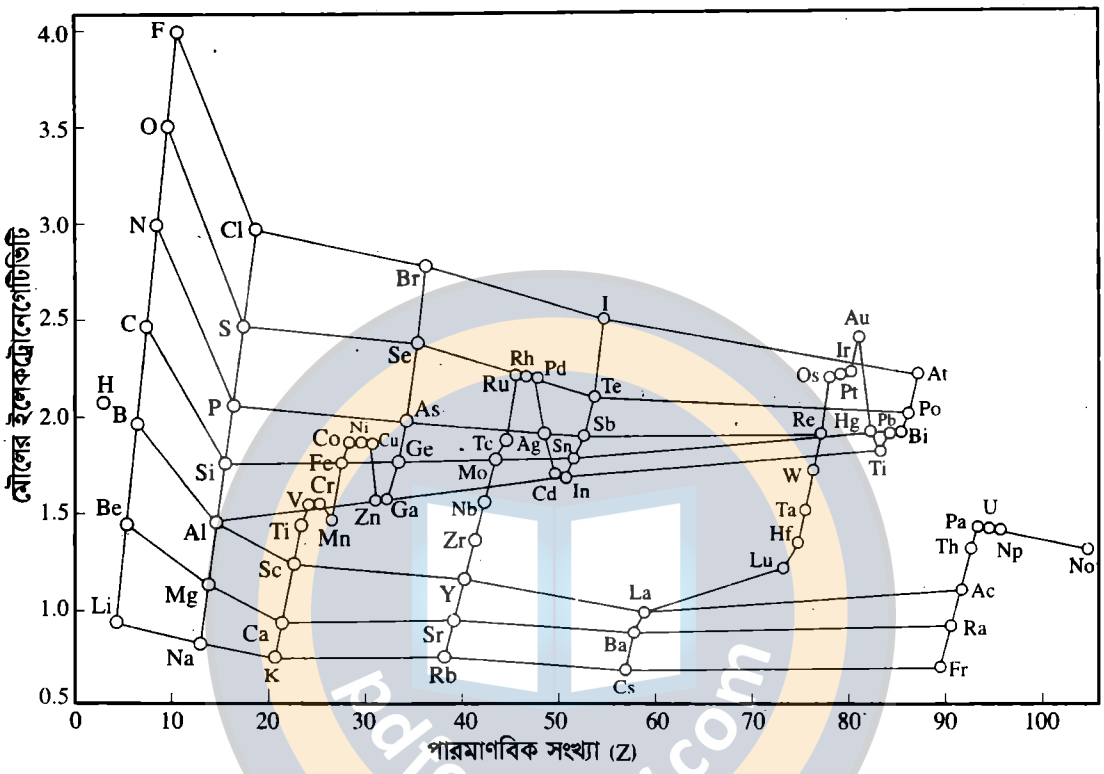
**(ক) গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক ঃ একই গ্রুপ বা শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান হ্রাস পায়।** এর কারণ হচ্ছে, একই শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরমাণুতে ইলেকট্রনের নতুন শক্তি স্তর যুক্তি হয় এবং পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায়। ফলে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমশ দূরে অবস্থান করে এবং তাদের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। যেমন, VIIA গ্রুপে বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান নিম্নরূপ ঃ

$$F = 4.0;\ Cl = 3.0;\ Br = 2.8;\ I = 2.5$$

পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ের সর্বশেষ ডানে অবস্থিত ও গ্রুপভিত্তিকভাবে গ্রুপ VIIA এর সবচেয়ে উপরে স্থান প্রাপ্ত হওয়ায় ক্ষুদ্রাকার ও অতীব সক্রিয় মৌল হল F । তাই সমযোজী যৌগ অণুতে শেয়ারকৃত ইলেকট্রনের উপর

http://pdfcorner.com

ফ্লোরিনের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ **F এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সর্বাধিক হয়** এবং পাউলিং স্কেল মতে এর মান হল 4.0।




চিত্র ১৪.৫ ঃ মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বা ইলেকট্রোনেগেটিভিটি ( লেখচিত্র আকারে )।

**(খ) তড়িৎ ঋণাত্মকতার পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক ঃ যে-কোন পর্যায়ে বামদিক থেকে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ততই বৃদ্ধি পায়।** এর কারণ হচ্ছে একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে কোন নতুন ইলেকট্রন শক্তিস্তর বৃদ্ধি পায় না; কিন্তু নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জের পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ায় সর্বশেষ শক্তিস্তরের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বৃদ্ধি পায়; ফলে পরমাণুর আকার ক্রমশ হ্রাস পায়। এজন্য সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। যেমন ২য় পর্যায়ে বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মক মান (Allred ও Rochow স্কেলানুসারে) নিম্নরূপ ঃ Li = 1.0; Be =1.5; B = 2.0; C = 2.5; N = 3.0; O = 3.5; F = 4।

**রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতির উপর তড়িৎ ঋণাত্মকতার প্রভাব ঃ**

**(১) পর্যায় সারণির সর্বশেষ ডানে এবং উপরে স্থান হওয়ায় ফ্লোরিন সবচেয়ে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল।** (২) অপরদিকে সর্ববামে অবস্থিত হওয়ায় গ্রুপ IA এর ক্ষার ধাতুসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতা সবচেয়ে কম এবং তাদের মধ্যে ফ্রান্সিয়াম (Fr) গ্রুপের সর্বনিম্নে অবস্থিত হওয়ায় ফ্রান্সিয়াম **(Fr)-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সবচেয়ে কম।**

যে কোন যৌগের গঠন ও ধর্ম এর অণুস্থিত মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতার উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল। বন্ধন গঠনে সংশ্লিষ্ট মৌলদ্বয়ের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য হতে তাদের দ্বারা গঠিত অণুর বন্ধন প্রকৃতির ধারণা পাওয়া

http://pdfcorner.com

যায়। (i) দুটি মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব বেশি (যেমন 1.7 এর বেশি) হলে ধাতু ও অধাতু দ্বারা সৃষ্ট যৌগ আয়নিক প্রকৃতির হয়; গ্রুপ IA ও গ্রুপ VIIA-এর মৌল দ্বারা গঠিত যৌগ আয়নিক হয়। যেমন NaCl। (ii) মৌলদ্বয়ের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মানের পার্থক্য নগণ্য যেমন 0.5 থেকে কম বা শূন্য হলে সৃষ্ট অণুসমূহ সমযোজী হয়, যেমন $CH_4$, $Cl_2$, $Br_2$, $H_2$ ইত্যাদি।(iii) **দুটি মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য মধ্যম ধরনের যেমন 0.5 –1.7 এর কাছাকাছি বা 1.9 এর মধ্যে হলে তাদের যৌগসমূহ পোলার** সমযোজী যৌগ হয়, যেমন $H_2O$, HCl, HF প্রভৃতি।

## ১৪.৮। মৌলের জারণ সংখ্যা
### Oxidation number of Elements

বিভিন্ন যৌগ গঠনের বেলায় মৌলসমূহের জারণ সংখ্যা তাদের যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয় বলে মৌলের জারণ–সংখ্যাও পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা এক একক বৃদ্ধির সাথে মৌলের জারণ সংখ্যাও একক হারে পরিবর্তিত হয়। এ পরিবর্তন একটি নির্দিষ্ট ক্রম অনুসারে ঘটে। যেমন, নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য হয়, কারণ তারা কোন যৌগ গঠন করে না। তাদের পরবর্তী মৌল হল গ্রুপ IA-এর ক্ষার ধাতুসমূহের ধনাত্মক জারণ সংখ্যা +1 এবং পরবর্তী গ্রুপ IIA-এর মৃৎ ক্ষারীয় ধাতুর জারণ সংখ্যা +2 হয়। এরূপে গ্রুপ অনুসারে মৌলের জারণ সংখ্যা +7 পর্যন্ত হতে পারে। আবার ঋণাত্মক জারণ সংখ্যা নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পূর্বে গ্রুপ IVA থেকে শুরু হয় এবং একই পর্যায়ে পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ঋণাত্মক জারণ সংখ্যা হ্রাস পেয়ে সবশেষে গ্রুপ VIIA এর মৌলে –1 হয়। জারণ সংখ্যার পর্যায়বৃত্ততা নিম্নের সারণিতে দেখানো হল।

**সারণি ১৪.৮ ঃ মৌলসমূহের জারণ সংখ্যার পর্যায়বৃত্ততা**

| পর্যায় ↓ | গ্রুপ→ | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১ম | মৌল ও প্রোটন সংখ্যা ঃ<br>ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ<br>জারণ–সংখ্যা ঃ | H (1)<br>1<br>+ 1<br>– 1 | | | | | | | He(2)<br>2<br>0 |
| ২য় | মৌল ও প্রোটন সংখ্যা ঃ<br>ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ<br>জারণ–সংখ্যা ঃ | Li (3)<br>2, 1<br>+1 | Be (4)<br>2, 2<br>+2 | B(5)<br>2,3<br>+3 | C(6)<br>2,4<br>+ 4<br>– 4 | N(7)<br>2,5<br>+5<br>– 3 | O(8)<br>2,6<br><br>– 2 | F(9)<br>2,7<br><br>– 1 | Ne(10)<br>2,8<br>0 |
| ৩য় | মৌল ও প্রোটন সংখ্যা ঃ<br>ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ<br>জারণ–সংখ্যা ঃ | Na(11)<br>2,8,1<br>+1 | Mg (12)<br>2,8,2<br>+2 | Al(13)<br>2,8,3<br>+3 | Si(14)<br>2,8,4<br>+ 4<br>– 4 | P(15)<br>2,8,5<br>+ 5<br>– 3 | S(16)<br>2,8,6<br>+ 6<br>– 2 | Cl(17)<br>2,8,7<br>+7<br>–1 | Ar(18)<br>2,8,8<br>0 |

## ১৪.৯। মৌলের জারণ ও বিজারণ ধর্ম
### Oxidation and Reduction Properties of Elements

মৌলের পরমাণুর যোজনী স্তর থেকে ইলেকট্রন অপসারণকে জারণ এবং যোজনী স্তরে ইলেকট্রন সংযোগকে বিজারণ বলে। যে সব মৌলের আয়নীকরণ বিভব কম তাদের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি এবং তারা বিজারক রূপে ক্রিয়া করে। আবার উচ্চ আয়নীকরণ বিভবের মৌল জারক রূপে ক্রিয়া করার প্রবণতা দেখায়। যেমন,

$2Na \longrightarrow 2Na^+ + 2e^-$ (জারণ); $\qquad Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ (বিজারণ)

http://pdfcorner.com

**একই পর্যায়ে,** বাম দিক থেকে ডানদিকে মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব ক্রমশ বাড়তে থাকে; ফলে বামদিক থেকে ডানদিকে মৌলসমূহের বিজারণ ক্ষমতা কমতে থাকে। বিজারণ ক্ষমতা যত কমে জারণ ক্ষমতা তত বাড়ে, তাই পর্যায়ের শেষ মৌল তীব্র জারক হয়।

**একই গ্রুপে,** উপর থেকে নিচের দিকে মৌলের আয়নীকরণ বিভব ক্রমশ কমতে থাকে; ফলে তাদের বিজারণ ধর্ম বাড়তে থাকে এবং জারণ ধর্ম কমতে থাকে।

## ১৪.১০। ক্যাটায়নের পানিযোজন
### Hydration of cations

কোন ধাতব মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মক প্রকৃতি যত বাড়ে, পানিতে তার ক্যাটায়নের পানিযোজন প্রবণতা তত কমে। যখন একটি ধাতুর ক্যাটায়ন $M^{n+}$-এর পানিযোজন হয়, তখন তার ধনাত্মক চার্জ সম্পূর্ণ পানিযোজিত আয়নের উপর বিস্তার লাভ করে। যেমন,

$$M^{n+} + nH_2O \longrightarrow [M(H_2O)_n]^{n+}, \qquad \text{এখানে } n+ = 2+, 3+ \text{ চার্জ}$$

এরূপ পানিযোজিত আয়নের প্রশস্ত স্থানে চার্জের বিস্তার লাভের ফলে চার্জের তীব্রতা কমে যায় এবং অনেকটা নিম্নরূপ দেখায়।

$$[M(H_2O)_n]^{n+} \longrightarrow M, \qquad \text{এখানে } n+ = 2+, 3+ \text{ চার্জ}$$

কিন্তু তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু পানিতে পূর্বোক্ত পরিবর্তনের বিপরীত ক্রিয়া করে অর্থাৎ তা ইলেকট্রন ত্যাগ করে। $M \longrightarrow M^+ + e^-$

সুতরাং একটি তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক আয়ন দুর্বল তড়িৎ ধনাত্মক আয়নের চেয়ে কম পানিযোজিত হয়। যেমন, $Mg^{2+}$ আয়ন $Al^{3+}$ এর চেয়ে কম পানিযোজিত হয়।

## ১৪.১১। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া
### Reaction of Elements of Third Period with Oxygen

একই পর্যায়ে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ততই মৌলসমূহের ধাতুধর্ম হ্রাস পায়। আবার অক্সিজেন একটি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। ফলে তা ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়ার তীব্রতা ধাতুধর্মের হ্রাসের সাথে হ্রাস পায়। সুতরাং যে কোন পর্যায়ে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, অক্সিজেনের সাথে মৌলসমূহের বিক্রিয়ার তীব্রতা তত হ্রাস পায়। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম মৌল সোডিয়ামের সাথে উচ্চ তাপমাত্রায় অক্সিজেন তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে, এমনকি সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে বিক্রিয়ার কারণে ধাতুর অক্সাইড তৈরি হয়।

$$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$$

পরবর্তী মৌল ম্যাগনেসিয়ামের সাথেও উচ্চ তাপমাত্রায় অক্সিজেন তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে। তবে এ তীব্রতা সোডিয়ামের সাথে বিক্রিয়ার চেয়ে কিছুটা কম।

$$2Mg + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2MgO$$

এ পর্যায়ের তৃতীয় মৌল অ্যালুমিনিয়াম কক্ষতাপমাত্রায় অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ অক্সিজেনে তা জ্বলে। অর্থাৎ অ্যালুমিনিয়ামের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া আরো কিছুটা কম তীব্রতা সম্পন্ন হয়।

$$4Al + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Al_2O_3$$

পর্যায়ের চতুর্থ সদস্য হওয়ায় সিলিকনের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া আরো কম তীব্র হবে। তার উপর মৌলিক সিলিকনের অণু বৃহদাকারের হওয়ায় এটির রাসায়নিক সক্রিয়তা কম। সুতরাং শুধুমাত্র অতি উচ্চ তাপমাত্রায় এটি অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে।

$$Si + O_2 \xrightarrow{\Delta} SiO_2$$

http://pdfcorner.com

পঞ্চম মৌল ফসফরাসের দুটি রূপভেদ বিদ্যমান। শ্বেত ফসফরাস-এর সংকেত $P_4$। এটি রাসায়নিকভাবে সক্রিয়, তাই এটি সহজে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে। অপরদিকে লাল ফসফরাস কিছুটা নিষ্ক্রিয় হওয়ায় উচ্চতর তাপমাত্রায় অক্সিজেনে জ্বলে। উভয়ক্ষেত্রে পর্যাপ্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ফসফরাস (v) অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 5O_2 \longrightarrow 2P_2O_5$$

পরবর্তী মৌল সালফারের অণু হচ্ছে $S_8$। এটি কক্ষতাপমাত্রায় অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে না, তবে উচ্চ তাপমাত্রায় এটি জ্বলে ওঠে।

$$S + O_2 \xrightarrow{\Delta} SO_2$$

পরবর্তী মৌল ক্লোরিন খুব তড়িৎ ঋণাত্মক। তাই এটি অক্সিজেনের সাথে সরাসরি বিক্রিয়া করে না। সবশেষ মৌল আর্গন নিষ্ক্রিয় গ্যাস; তাই এটিও অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে না।

## ১৪.১২। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়া
### Reaction of Elements of 3rd Period with Chlorine

ক্লোরিন একটি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। সুতরাং এটি ধাতুসমূহের সাথে সহজেই বিক্রিয়া করে। যে ধাতব মৌল যত সক্রিয় তা তত তীব্রভাবে ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে। একই পর্যায়ে যত ডানদিকে যাওয়া যায়, মৌলসমূহের ধাতুধর্ম তত হ্রাস পায়। সুতরাং মৌলসমূহের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার তীব্রতা তত হ্রাস পায়। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের ক্ষেত্রে প্রথম মৌল সোডিয়াম কক্ষতাপমাত্রায় ধীরে ধীরে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় শিখাসহ তীব্রভাবে ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে।

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

পরবর্তী মৌল ম্যাগনেসিয়াম একইভাবে ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে $MgCl_2$ গঠন করে। তবে এক্ষেত্রে তীব্রতা সোডিয়ামের তুলনায় কিছুটা কম।

$$Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$$

তৃতীয় মৌল অ্যালুমিনিয়াম আরো কম তীব্রভাবে ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে $AlCl_3$ গঠন করে।

$$2Al + 3Cl_2 \longrightarrow 2AlCl_3$$

চতুর্থ মৌল সিলিকন পলিমার হওয়ায় এটি আরো অনেক নিষ্ক্রিয়। উচ্চ তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত বিক্রিয়া ঘটে।

$$Si + 2Cl_2 \longrightarrow SiCl_4$$

পঞ্চম মৌল ফসফরাস উচ্চ তাপমাত্রায় ক্লোরিনের সাথে নিম্নোক্তভাবে বিক্রিয়া করে।

$$2P + 3Cl_2 \longrightarrow 2PCl_3 \quad \text{(কম ক্লোরিন গ্যাসসহ বিক্রিয়া)}$$

$$2P + 5Cl_2 \longrightarrow 2PCl_5 \quad \text{(অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাসের উপস্থিতিতে)}$$

পরবর্তী মৌল সালফার গলিত অবস্থায় ধীরে ধীরে ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে। সালফার মনোক্লোরাইড ($S_2Cl_2$) ও সালফার ডাইক্লোরাইড ($SCl_2$) উৎপন্ন করে।

$$2S + Cl_2 \longrightarrow S_2Cl_2 \quad \text{(কম ক্লোরিনসহ বিক্রিয়া)}$$

$$S + Cl_2 \longrightarrow SCl_2 \quad \text{(অতিরিক্ত ক্লোরিনের উপস্থিতিতে)}$$

পরবর্তী মৌল ক্লোরিন, সুতরাং এর সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার প্রশ্ন ওঠে না। পরবর্তী মৌল আর্গন নিষ্ক্রিয় গ্যাস হওয়ায় তা ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে না।

## ১৪.১৩। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে পানির বিক্রিয়া
### Reaction of Elements of Third Period with Water

মৌলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে পানির সাথে বিক্রিয়া দু'ধরনের হয়। **তড়িৎ ধনাত্মক মৌল পানির অণু থেকে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপন করে ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে;** অবশ্য উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন হতে পারে। অপরদিকে **তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল পানির অণু থেকে কম তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল অক্সিজেনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।** যেমন,



http://pdfcorner.com

তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম মৌল সোডিয়াম তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক হওয়ায় তা কক্ষতাপমাত্রায় এত তীব্রভাবে পানির সাথে বিক্রিয়া করে যে তাতে আগুন ধরে যায়। এ সময় পানির হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়ে NaOH উৎপন্ন হয়।

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

তৃতীয় পর্যায়ের দ্বিতীয় মৌল ম্যাগনেসিয়াম কম তড়িৎ ধনাত্মক হওয়ায় তা কক্ষতাপমাত্রায় পানির সাথে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু ফুটন্ত পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ও $Mg(OH)_2$ উৎপন্ন করে।

$$Mg(s) + 2H_2O(l) \xrightarrow{100^\circ C} Mg(OH)_2(s) + H_2(g)$$

তৃতীয় পর্যায়ের তৃতীয় মৌল অ্যালুমিনিয়াম আরো কম তড়িৎ ধনাত্মক। সুতরাং তা শুধুমাত্র উত্তপ্ত অবস্থায় জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে $Al(OH)_3$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2Al(s) + 6H_2O(g) \xrightarrow{\Delta} 2Al(OH)_3(s) + 3H_2(g)$$

তৃতীয় পর্যায়ের পরবর্তী মৌল সিলিকন, ফসফরাস ও সালফার অধাতু হওয়ায় এরা পানির সাথে এভাবে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করতে পারে না, অপরদিকে এরা কম তড়িৎ ঋণাত্মকতা সম্পন্ন (অক্সিজেনের তুলনায়) হওয়ায় অক্সিজেনকেও প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। অর্থাৎ এ তিনটি মৌল পানির সাথে কোনভাবে বিক্রিয়া করে না।

পরবর্তী মৌল ক্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা অক্সিজেনের চেয়ে কম হওয়ায় তা পানি থেকে অক্সিজেনকে সরাসরি প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। তবে ক্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা অক্সিজেনের খুব কাছাকাছি হওয়ায় নিম্নোক্তভাবে পানির সাথে অতি ধীরে বিক্রিয়া করে।

$$Cl_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCl(aq) + HOCl(aq)$$
$$2HOCl(aq) \longrightarrow 2HCl(aq) + O_2(g)$$

## ১৪.১৪। ৩য় পর্যায়ের মৌলের অক্সাইডের অম্ল-ক্ষারক ধর্ম
### Acid Base Properties of oxides of 3rd Period Elements

যে কোন পর্যায়ে প্রতিরূপী মৌলসমূহের সর্বোচ্চ যোজনী বামদিক থেকে ডানদিকে ক্রমাগত বাড়ে এবং তা গ্রুপসংখ্যার সমান হয়। সুতরাং ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত অক্সাইডসমূহ পাওয়া যায়।

$$Na_2O,\ MgO,\ Al_2O_3,\ SiO_2,\ P_2O_5,\ SO_3,\ Cl_2O_7.$$

এ সকল যৌগে মৌলসমূহের যোজনী ক্রমান্বয়ে 1 থেকে 7 পর্যন্ত বৃদ্ধি পেয়েছে। তন্মধ্যে $Na_2O$ তীব্রক্ষারধর্মী, MgO ক্ষারক, $Al_2O_3$ এর অম্ল ও ক্ষারক উভয় ধর্ম বিদ্যমান। অন্যান্য অক্সাইড অম্লধর্মী এবং তাদের মধ্যে যত ডানদিকে যাওয়া যায়, তাদের অম্লত্ব ততই বাড়ে।

**পানির সাথে একই পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডসমূহের বিক্রিয়া ঃ**

(১) পানির সাথে একই পর্যায়ের বিভিন্ন মৌলের অক্সাইডের বিক্রিয়া দ্বারা তাদের ক্ষার ধর্ম থেকে অম্ল ধর্মের ক্রমপরিবর্তনের প্রমাণ পাওয়া যায়। যেমন, ($Na_2O$) পানির সাথে সোডিয়াম অক্সাইড বিক্রিয়া করে NaOH উৎপন্ন করে, যা তীব্র ক্ষার।

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

(২) ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) পানির সাথে বিক্রিয়া করে ক্ষার উৎপন্ন করে না, কিন্তু এটি ক্ষারক। এটি অম্লের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$MgO + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2O$$

(৩) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ($Al_2O_3$) পানির সাথে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু এটি অম্ল ও ক্ষারক উভয়ের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উভধর্মী।

$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O \quad [Al_2O_3 \text{ এর ক্ষার ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$Al_2O_3 + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAlO_2} + H_2O \quad [Al_2O_3 \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

http://pdfcorner.com

(৪) সিলিকন ডাইঅক্সাইড ($SiO_2$) পানি বা অম্লের সাথে বিক্রিয়া করে না; কিন্তু এটি ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ সিলিকন ডাইঅক্সাইড ($SiO_2$) **অম্লধর্মী**।

$$SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম সিলিকেট}}{Na_2SiO_3} + H_2O$$

(৫) ডাইফসফরাস পেন্টাক্সাইড ($P_2O_5$) পানির সাথে বিক্রিয়া করে দুর্বল অম্ল ফসফরিক এসিড ($H_3PO_4$) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় ফসফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সুতরাং $P_2O_5$ হল অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$$

$$P_2O_5 + 4NaOH \longrightarrow \underset{\text{ডাইসোডিয়াম ফসফেট}}{2Na_2HPO_4} + H_2O$$

ফসফরাসের আরেকটি অক্সাইড $P_2O_3$ পানির সাথে বিক্রিয়া করে ফসফরাস এসিড উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_3$$

(৬) সালফার ট্রাইঅক্সাইড ($SO_3$) পানির সাথে বিক্রিয়া করে শক্তিশালী অম্ল সালফিউরিক এসিড ($H_2SO_4$) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় সালফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সুতরাং $SO_3$ হল অম্লধর্মী অক্সাইড।

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$SO_3 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

সালফারের আরেকটি অক্সাইড $SO_2$ পানির সাথে বিক্রিয়া করে সালফিউরাস এসিড ($H_2SO_3$) উৎপন্ন করে। সুতরাং $SO_2$ হল অম্লধর্মী অক্সাইড। ক্ষারের সাথে $SO_2$ বিক্রিয়া করে সালফাইট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

$$SO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_3 + H_2O$$

(৭) ডাইক্লোরিন হেপ্টোক্সাইড ($Cl_2O_7$) পানির সাথে বিক্রিয়া করে শক্তিশালী অম্ল পারক্লোরিক এসিড ($HClO_4$) উৎপন্ন করে। $Cl_2O_7$ ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় পারক্লোরেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সুতরাং $Cl_2O_7$ হল অম্লধর্মী।

$$Cl_2O_7 + H_2O \longrightarrow 2HClO_4$$

$$Cl_2O_7 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম পারক্লোরেট}}{2NaClO_4} + H_2O$$

উল্লেখ্য যে, ধাতুর অক্সাইড ক্ষারধর্মী; অধাতুর অক্সাইড অম্লধর্মী। সুতরাং তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডসমূহের ধর্ম থেকে বোঝা যায় যে, **একই পর্যায়ে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ততই মৌলসমূহের ধাতু ধর্ম হ্রাস পায় এবং অধাতু ধর্ম ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়।**

## ১৪.১৫। ৩য় পর্যায়ের মৌলের ক্লোরাইডের পানিসহ বিক্রিয়া
### Reaction of Chlorides of 3rd Period Elements with Water

সাধারণভাবে যে কোন পর্যায়ে মৌলসমূহের যোজনী 1 থেকে ক্রমাগতভাবে বেড়ে গ্রুপ IVA তে সর্বোচ্চ 4 হয়, অতঃপর তা ক্রমাগতভাবে কমে অবশেষে 0 হয়। অবশ্য গ্রুপ VA এর মৌলসমূহের যোজনী 3 এর সাথে 5 হয়। VIA গ্রুপের মৌলসমূহের যোজনী 2 ছাড়াও 4 ও 6 হতে পারে। যে কোন পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে যাওয়ার সময় মৌলসমূহের ধাতু ধর্ম ক্রমাগত হ্রাস পায়। অপরদিকে ক্লোরিন একটি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। সুতরাং পর্যায়ের প্রথম দিকে মৌলসমূহের সাথে ক্লোরিনের যৌগসমূহ আয়নিক হয়, ডানদিকে যাওয়ার সাথে আয়নিক প্রকৃতি হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। ফলে গ্রুপ IVA থেকে গ্রুপ VIA এর মৌলসমূহের ক্লোরাইডে আয়নিক ধর্ম থেকে সমযোজী ধর্ম বেশি হয়। গ্রুপ VA ও গ্রুপ VIA মৌলের ক্লোরাইড পূর্ণভাবে সমযোজী। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের ক্ষেত্রে ঃ

| মৌল | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ধাতু | ধাতু | ধাতু | অধাতু | অধাতু | অধাতু | অধাতু | অধাতু |
| ক্লোরাইড | $NaCl$ | $MgCl_2$ | $AlCl_3$ | $SiCl_4$ | $PCl_3$ | $SCl_2$, | $Cl_2$ | |
| | আয়নিক | আয়নিক | পোলার সমযোজী | সমযোজী | সমযোজী | সমযোজী | সমযোজী | মৌলিক অণু |

এছাড়া $PCl_5$, $S_2Cl_2$, $SCl_4$ যৌগসমূহ বিদ্যমান।

http://pdfcorner.com

**পানির সাথে এ সব ক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঃ** আয়নিক, পোলার বা বিশুদ্ধ সমযোজী এ ভিত্তিতে বিভিন্ন ক্লোরাইডের সাথে পানির বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায়। যে সব ক্লোরাইড সম্পূর্ণ আয়নিক প্রকৃতির, তারা পানির সাথে বিক্রিয়া করে না, তারা পানিতে আয়নিত অবস্থায় দ্রবীভূত হয় মাত্র। যেমন NaCl ও $MgCl_2$ ঃ

$$NaCl(s) + H_2O(l) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$$MgCl_2(s) + H_2O(l) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

পরবর্তী মৌলের ক্লোরাইড যেমন অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) কিছুটা আয়নিক প্রকৃতির বলে তা পানিতে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু পোলারায়নের কারণে $AlCl_3$ **সম্পূর্ণ আয়নিক না হওয়ায় জলীয় দ্রবণে তা আর্দ্র বিশ্লেষিত হতে চায় এবং $H^+$ আয়ন সৃষ্টি করে। তাই $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয়।**

$$AlCl_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3Cl^-(aq)$$

$$Al^{3+} + 3H_2O(l) \rightleftharpoons Al(OH)_3(s) + 3H^+(aq)$$

এ আর্দ্রবিশ্লেষণ বন্ধ করার জন্য $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণে কিছু HCl যোগ করা হয়, যেন উপরোক্ত উভমুখী বিক্রিয়া বামদিকে বেশি থাকে।

পরবর্তী মৌল গ্রুপ IVA এর সিলিকন খুব কম তড়িৎ ঋণাত্মকতা বিশিষ্ট অধাতু, প্রকৃতপক্ষে **এটি অর্ধধাতু। সুতরাং $SiCl_4$ একটি পোলার সমযোজী যৌগ।** এ ধরনের যৌগ পানিতে আরও অধিক বিশ্লেষিত হয়।

$$SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 4HCl(aq)$$

পরবর্তী মৌল গ্রুপ VA এর ফসফরাসের দুটি ক্লোরাইড বিদ্যমান $PCl_3$ ও $PCl_5$। উভয়েই পোলার সমযোজী হওয়ায় উভয়ই পানি দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফসফরাসের অক্সো এসিড ও লঘু HCl এসিড উৎপন্ন করে।

$$PCl_3(l) + 3H_2O(l) \longrightarrow \underset{\text{ফসফরাস এসিড}}{H_3PO_3(aq)} + 3HCl(aq)$$

$$PCl_5(l) + 5H_2O(l) \longrightarrow \underset{\text{ফসফরিক এসিড}}{H_3PO_4(aq)} + 5HCl(aq)$$

পরবর্তী মৌল গ্রুপ VIA এর সালফারের ক্লোরাইডসমূহও পোলার সমযোজী যৌগ। এগুলোও পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং সালফারের বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে।

ক্লোরিন ($Cl_2$) অণু বিশুদ্ধ সমযোজী মৌলিক অণু। সুতরাং তা এভাবে পানির সাথে বিক্রিয়া করে না। তবে এর অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতার কারণে $Cl_2$ পানির সাথে নিম্নরূপে বিক্রিয়া করে।

$$2Cl_2(g) + 2H_2O(l) \rightleftharpoons 2HOCl(aq) + 2HCl(aq)$$

$$2HOCl(aq) \xrightarrow{\text{ধীরে}} 2HCl(aq) + O_2(g)$$

$$\text{নিট বিক্রিয়া ঃ } 2Cl_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 4HCl(aq) + O_2(g)$$

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্মসমূহ ঃ** মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি তাদের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল। যেহেতু মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়, সেহেতু মৌলসমূহের কিছু ধর্ম পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। এ সকল ধর্মকে পর্যায়ভিত্তিক বা পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলা হয়।

✪ **মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** একই গ্রুপে মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ধারাবাহিকভাবে পরিবর্তিত হয়। যেমন ক্ষারধাতুসমূহের বেলায় তা ক্রমশ কমে, হ্যালোজেনসমূহের ক্ষেত্রে তা ক্রমাগত বাড়ে। অপরদিকে একই পর্যায়ে এ ধরনের সুন্দর ধারাবাহিকতা লক্ষ করা যায় না।

http://pdfcorner.com

✪ **পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ঃ** একই গ্রুপে যতই নিচে যাওয়া যায় অর্থাৎ পারমাণবিক সংখ্যা যত বাড়ে, পারমাণবিক ব্যাসার্ধ তত বাড়ে, অপরদিকে একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে যাওয়ার সময় অর্থাৎ পারমাণবিক সংখ্যা বাড়ার সাথে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।

✪ **আয়নীকরণ বিভব ঃ** গ্যাসীয় অবস্থায় কোন মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রনকে অসীম দূরত্বে সরিয়ে নিতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সেই মৌলের আয়নীকরণ বিভব বলা হয়। পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ বিভব কমে। অপরদিকে একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ বিভব সাধারণত বাড়ে, তবে এর মধ্যে কিছু ব্যতিক্রম আছে।

✪ **ইলেকট্রন আসক্তি ঃ** অসীম দূরত্ব থেকে এক মোল ইলেকট্রনকে কোন মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন গ্যাসীয় পরমাণুতে যোগ করলে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সেই মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলা হয়। পর্যায় সারণিতে একই শ্রেণীতে যতই নিচের দিকে যাওয়া যায়, মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি তত কমে। অপরদিকে একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে যাওয়ার সময় মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ক্রমাগত বাড়ে।

✪ **তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** কোন অণুতে একটি মৌলের পরমাণু কর্তৃক শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে আকর্ষণ করার তুলনামূলক ক্ষমতাকে সেই মৌলের ঋণাত্মকতা বলা হয়। যে কোন শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের ঋণাত্মকতা ক্রমাগতভাবে হ্রাস পায়। অপরদিকে যে কোন পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ক্রমাগতভাবে বৃদ্ধি পায়।

✪ **মৌলের জারণ সংখ্যা ঃ** মৌলের জারণ সংখ্যা একটি পর্যায়বৃত্ত ধর্ম। নিষ্ক্রিয় মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য, গ্রুপ IA মৌলের +1, গ্রুপ IIA মৌলের +2 ইত্যাদি। আবার গ্রুপ IVA থেকে জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক হয়।

✪ **জারণ ও বিজারণ ধর্ম ঃ** গ্রুপ IA মৌলের বিজারণ ধর্ম সর্বাধিক। এর পর ডানদিকে হ্রাস পায়। গ্রুপ VIIA মৌলের জারণ ধর্ম সর্বাধিক।

✪ **অক্সিজেনের সাথে তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের বিক্রিয়া ঃ** যে কোন পর্যায়ে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, অক্সিজেনের সাথে মৌলসমূহের বিক্রিয়ার তীব্রতা ততই হ্রাস পায়। সকল ক্ষেত্রে মৌলের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বামদিকের মৌলসমূহ ধাতু হওয়ায় তাদের অক্সাইড ক্ষারধর্মী, ডানদিকের মৌলসমূহ অধাতু হওয়ায় তাদের অক্সাইড অম্লধর্মী। মধ্যবর্তী অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডের উভয় ধরনের ধর্ম বিদ্যমান।

✪ **ক্লোরিনের সাথে তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রেও যত বামদিকে যাওয়া যায়, ক্লোরিনের সাথে মৌলসমূহের বিক্রিয়া ততই কম তীব্রতা সম্পন্ন হয়।

✪ **পানির সাথে তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রেও তৃতীয় পর্যায়ের ১ম মৌল Na, সাধারণ তাপমাত্রায় তীব্রভাবে পানির সাথে, দ্বিতীয় মৌল Mg অনেক কম তীব্রতার সাথে ফুটন্ত পানির সাথে এবং তৃতীয় মৌল Al শুধুমাত্র উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অন্যান্য মৌল অধাতু ও অক্সিজেন অপেক্ষা কম তড়িৎ ঋণাত্মকবিশিষ্ট হওয়ায় তারা পানির সাথে বিক্রিয়া করে না। একমাত্র ক্লোরিন পানির সাথে অতি ধীরে বিক্রিয়া করে HCl ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

✪ **তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডের সংকেত ও ধর্ম ঃ** তৃতীয় পর্যায়ে মৌলসমূহের সর্বোচ্চ যোজনী তার গ্রুপ সংখ্যার সমান। সুতরাং অক্সাইডসমূহের সংকেত হচ্ছে $Na_2O$, $MgO$, $Al_2O_3$, $SiO_2$, $P_2O_5$, $SO_3$, $Cl_2O_7$। যেহেতু বামদিক থেকে ডানদিকে যাওয়ার সময় মৌলসমূহের ধাতুধর্ম বা তড়িৎ ধনাত্মকতা হ্রাস পায়, সেহেতু এ সিরিজে যত ডান দিকে যাওয়া যায়, ততই অক্সাইডসমূহের ক্ষারত্ব হ্রাস পায় এবং অম্লত্ব বৃদ্ধি পায়। $Na_2O$ ও $MgO$ ক্ষারধর্মী, $Al_2O_3$ উভধর্মী, অন্যান্য অক্সাইড অম্লধর্মী, তন্মধ্যে $Cl_2O_7$ সবচেয়ে বেশি অম্লধর্মী।

✪ **তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহে ক্লোরাইডের সংকেত ও পানির সাথে বিক্রিয়া ঃ** এক্ষেত্রে মৌলসমূহের যোজনী প্রথমদিকে বাড়তে থাকে, সিলিকনের পরে আবার কমতে থাকে (কিছু ব্যতিক্রমসহ)। সুতরাং ক্লোরাইডসমূহের সংকেত হচ্ছে যথাক্রমে $NaCl$, $MgCl_2$, $AlCl_3$, $SiCl_4$, $PCl_3$, $SCl_2$, $Cl_2$। প্রথম দুটি যৌগ আয়নিক হওয়ায় পানিতে দ্রবীভূত হয়ে আয়নরূপে থাকে। $AlCl_3$ একইভাবে দ্রবীভূত হলেও আর্দ্র বিশ্লেষিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। $SiCl_4$, $PCl_3$ ও $SCl_2$ পানি দ্বারা সহজে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে HCl উৎপন্ন করে।

http://pdfcorner.com

## অনুশীলনী– ১৪ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলতে কী বুঝ?
(খ) কোন কোন ধর্মকে পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলা হয়?

২। (ক) পর্যায় সারণির একই শ্রেণীতে এবং একই পর্যায়ে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কীভাবে পরিবর্তিত হয়, কারণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নীকরণ শক্তি পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম–ব্যাখ্যা কর।

৩। (ক) আয়নীকরণ বিভব বা শক্তি বলতে কী বোঝায়? [কু. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০১০]
(খ) মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি কী? এটি একই পর্যায় ও শ্রেণীতে কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা আলোচনা কর। [ ঢা. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০০৯,২০১১; রা. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০১০]
(গ) পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ক্ষার ধাতুর আয়নীকরণ শক্তি কীভাবে পরিবর্তিত হয়?
(ঘ) পর্যায় সারণির একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৪]

৪। (ক) মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলতে কী বুঝ? [ ঢা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০০৯ ]
(খ) পর্যায় ও শ্রেণীতে মৌলসমূহের ইলেক্ট্রন আসক্তি কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা আলোচনা কর।[ ঢা. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০০৯ ]

৫। ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতার মধ্যে পার্থক্য কী? [ব. বো. ২০০৭]

৬। (ক) মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলতে কী বুঝ? [ ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৯ ]
(খ) পর্যায় সারণিতে একই পর্যায়ে এবং শ্রেণীতে মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতা কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৫; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১]
(গ) রাসায়নিক বন্ধন প্রকৃতির উপর মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার প্রভাব উদাহরণসহ লেখ।

৭। (ক) মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক একই শ্রেণীতে কীভাবে পরিবর্তিত হয়, উদাহরণসহ দেখাও।
(খ) তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

৮। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনা কর।

৯। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডসমূহের সংকেত ও অম্ল–ক্ষারক ধর্ম আলোচনা কর।

১০। পর্যায় সারণির তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে পানির বিক্রিয়াসমূহ ব্যাখ্যা কর।

১১। পর্যায় সারণির তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।

১২। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্লোরাইডসমূহের সাথে পানির বিক্রিয়া লেখ।

### খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

**ব্যাখ্যা কর ঃ**

১। (ক) সোডিয়াম অপেক্ষা পটাসিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বেশি হয় কেন?
(খ) একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে কমে। এর ব্যাখ্যা কর।
(গ) পর্যায় সারণির একই গ্রুপ বা শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। এর ব্যাখ্যা দাও।

২। (ক) সোডিয়াম অপেক্ষা পটাসিয়ামের আয়নীকরণ বিভব কম হয় কেন? [ ঢা. বো. ২০০৬, ২০১০; কু. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৬ ]

http://pdfcorner.com

(খ) সাধারণ অবস্থায় $Na^+$ গঠিত হলেও $Na^{2+}$ গঠিত হয় না কেন? [কু. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]
বা, সাধারণ অবস্থায় $K^+$ গঠিত হলে $K^{2+}$ আয়ন গঠিত হয় না কেন? [ব. বো. ২০১১]

(গ) সাধারণ অবস্থায় Mg ধাতু $Mg^{2+}$ আয়ন গঠন করলেও $Mg^{3+}$ আয়ন গঠন করে না কেন? [সি. বো. ২০১১]

(ঘ) বোরনের ১ম আয়নীকরণ বিভব বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম কেন? [চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮]

(ঙ) নাইট্রোজেনের ১ম আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি কেন? [চ. বো. ২০০৬, ২০০৮; য. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৪; দি. বো. ২০১০]

৩। (ক) পর্যায় সারণির একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলসমূহের তড়িৎঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পায় কেন? [রা. বো. ২০০৬]

(খ) পর্যায় সারণির গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বাড়ার সাথে সাথে মৌলের তড়িৎঋণাত্মকতা কমে কেন?

(গ) ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎঋণাত্মক মৌল কেন? [ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৫; দি. বো. ২০০৯]

(ঘ) ক্লোরিনের তড়িৎঋণাত্মকতা ব্রোমিন অপেক্ষা বেশি কেন? [কু. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯]

৪। (ক) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন? [ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৮, ২০১১; রা. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১১]

(খ) তিনটি মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 12, 17 ও 20। এদের ইলেকট্রন আসক্তির তুলনা কর।

৫। Al(13) এর গলনাঙ্ক Na(11) এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক বেশি কেন? [য. বো. ২০১১]

৬। (ক) সোডিয়াম ধাতুকে বায়ুতে ও পানিতে রাখা যায় না; কেরোসিনে রাখা হয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(খ) অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে বায়ুতে রাখা যায়। এর কারণ কী?

৭। NaCl, $AlCl_3$ ও $PCl_3$ যৌগে কী প্রকার বন্ধন বর্তমান? পানিতে এসব যৌগকে মিশ্রিত করলে কী প্রকারের পরিবর্তন ঘটবে?

৮। Na, Al ও $Cl_2$ মৌলকে পানিতে মিশ্রিত করলে কী প্রকার পরিবর্তন ঘটবে?

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। পরমাণুর ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির সাথে এর আয়নীকরণ বিভব মানের সম্পর্ক আছে। ধাতুর আয়নীকরণ বিভব মান কম, অধাতুর বেলায় তা বেশি হয়। পর্যায় সারণির ২য় ও ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলের ১ম আয়নীকরণ বিভবের মান নিম্নরূপ ঃ

| ২য় পর্যায়ের মৌল | Li (3) | Be (4) | B (5) | C (6) | N (7) | O (8) | F (9) | Ne (10) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| আয়নীকরণ বিভব ($kJmol^{-1}$) | 520 | 900 | 800 | 1086 | 1403 | 1314 | 1680 | 2080 |
| ৩য় পর্যায়ের মৌল | Na (11) | Mg (12) | Al (13) | Si (14) | P (15) | S (16) | Cl (17) | Ar (18) |
| আয়নীকরণ বিভব ($kJmol^{-1}$) | 496 | 738 | 578 | 786 | 1012 | 999 | 1255 | 1520 |

(ক) অবস্থান্তর মৌল কী? ১

(খ) পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলতে কী বুঝ? পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ উল্লেখ কর। ২

(গ) উদ্দীপকের আয়নীকরণ বিভব বলতে কী বুঝ? আয়নীকরণ বিভবের উপর পরমাণুর আকার বৃদ্ধি ও ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব আলোচনা কর এবং Be ও B এর মধ্যে এর ব্যতিক্রম ব্যাখ্যা কর। ৩

http://pdfcorner.com

(ঘ) উদ্দীপকের তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের সর্বোচ্চ যোজনী বাম দিক থেকে ডান দিকে ক্রমাগত বৃদ্ধি পেয়ে 1 থেকে 7 পর্যন্ত হয় তা এদের অক্সাইড গঠন থেকে দেখাও এবং ধাতব ধর্মের ক্রমান্বয়ে হ্রাস প্রমাণের জন্য এদের অক্সাইডের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ৪

২। মৌলের পারমাণবিক আকার এদের অরবিটের সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিন্নতার উপর নির্ভর করে। আবার পারমাণবিক আকারের উপর মৌলের আয়নীকরণ বিভব নির্ভর করে। নিচে ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহ, এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ দেখানো হল ঃ $Cl^-$ আয়নের যৌগে এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য কীরূপ হবে ব্যাখ্যা কর।

| মৌল সমূহ ঃ | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) | 0.157 | 0.136 | 0.125 | 0.117 | 0.110 | 0.104 | 0.099 |
| আয়নিক ব্যাসার্ধ (nm) | 0.095 | 0.065 | 0.050 | - | 0.212P | 0.184 | 0.181 |

(ক) ইলেকট্রন বিন্যাসের হুন্ডের নীতি কী? ১

(খ) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কী? একই পর্যায় ও একই গ্রুপে মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কীরূপে পরিবর্তিত হয়, তা যুক্তিসহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপক থেকে লক্ষ কর $Na^+$, $Mg^{2+}$ ও $Al^{3+}$ আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ এদের প্রত্যেকের পারমাণবিক ব্যাসার্ধের চেয়ে কম; কিন্তু $S^{2-}$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নের ক্ষেত্রে এদের আয়নিক ব্যাসার্ধ প্রত্যেকের পারমাণবিক ব্যাসার্ধের চেয়ে বেশি; –এ কারণে $Al^{3+}$ আয়ন ও $Cl^-$ আয়নের যৌগে এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য কীরূপ হবে ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) (i) উদ্দীপকের আয়নীকরণ বিভব কী? (ii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ তথা পারমাণবিক আকারের উপর নির্ভর করে মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব কীরূপে পরিবর্তিত হয়, তা গ্রুপভিত্তিক আলোচনা কর।
(iii) বোরনের ১ম আয়নীকরণ বিভব বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম কেন; ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। মৌলের আয়নীকরণ বিভব, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা হল পর্যায় ভিত্তিক ধর্ম। যৌগ গঠনে এদের ভূমিকা আছে। সমযোজী যৌগ অণুতে উভয় মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার অধিক পার্থক্য যৌগের ধর্মকে প্রভাবিত করে। নিচের ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহ ও গ্রুপ VIIA মৌলসমূহের তড়িৎঋণাত্মকতার মান লক্ষ্য কর।

| ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌল ঃ | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| এদের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 3.0 |

| গ্রুপ–VIIA মৌল ঃ | F | Cl | Br | I | At |
|---|---|---|---|---|---|
| এদের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ | 4.0 | 3.0 | 2.7 | 2.2 | 2.0 |

(ক) মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কী? ১

(খ) মৌলের তড়িৎঋণাত্মকতা বলতে কী বোঝ? উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর। কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান নির্ভর করে? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, Na থেকে Cl এর দিকে এবং F থেকে I এর দিকে তড়িৎ ঋণাত্মকতার মানের পরিবর্তনের ধারা ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্য মতে, Na ও S এবং P ও Cl মৌলযুগলের মধ্যে কীরূপে রাসায়নিক বন্ধন ঘটবে তা অষ্টক নিয়ম মতে ব্যাখ্যা কর। উদ্দীপক মতে সমযোজী যৌগটির ধর্মে তড়িৎ ঋণাত্মকতার কীরূপ প্রভাব পড়বে? ৪

http://pdfcorner.com

৪। পর্যায় সারণির ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের ক্লোরাইড ও হাইড্রাইডের সংকেত নিচের তালিকায় দেখানো হল। এতে মৌলের যোজনী অথবা জারণ সংখ্যার পরিবর্তন লক্ষ কর ঃ

| ৩য় পর্যায়ের মৌল | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| মৌলসমূহের ক্লোরাইড/হাইড্রাইড | NaCl | $MgCl_2$ | $AlCl_3$ | $SiCl_4$ | $PH_3$ | $H_2S$ | HCl |

(ক) মৌলের জারণ-সংখ্যা বলতে কী বুঝ? ১

(খ) মৌলের ইলেকট্রনবিন্যাস ও অষ্টক তত্ত্ব মতে NaCl যৌগ অণু গঠনে মৌলসমূহের জারণ সংখ্যার উদ্ভব ঘটে; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় তীব্রতা উল্লেখসহ ছয়টি বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের ৩য় পর্যায়ের মৌলের সর্বোচ্চ যোজনী বামদিক থেকে ডানদিকে ক্রমাগত বাড়ে এবং তা গ্রুপসংখ্যার সমান, এর সমর্থনে অক্সাইডসমূহের সংকেত লেখ। এ অক্সাইডসমূহের ক্ষার ধর্ম থেকে ক্রমান্বয়ে অম্লধর্ম প্রকাশ এদের রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫। তোমরা মৌলসমূহের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম আলোচনায় সমযোজী ব্যাসার্ধ বা পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ সম্বন্ধে ধারণা পেয়েছ। পারমাণবিক ব্যাসার্ধের উপর আয়নীকরণ বিভব, মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ ঋণাত্মকতা নির্ভর করে। আয়নিক ব্যাসার্ধের উপর আয়নিক যৌগের কেলাস গঠন ও আয়নের পোলারায়ন নির্ভর করে।

(ক) সমযোজী ব্যাসার্ধ কী? ১

(খ) উদ্দীপক মতে, আয়নিক ব্যাসার্ধ বলতে কী বোঝ? আয়নিক ব্যাসার্ধ ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কী? হ্যালোজেন মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির পরিবর্তনের উপর এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধের প্রভাব আলোচনা কর। এক্ষেত্রে F এর ইলেকট্রন আসক্তি Cl এর চেয়ে কম কেন ব্যাখ্যা কর। কোন্ ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) আয়নিক কেলাসের কেলাস গঠনের ব্যাসার্ধ অনুপাত নিয়মটি লেখ। (ii) আয়নের পোলারায়ন বলতে কী বোঝায়? (iii) আয়নিক যৌগে পোলারায়নের বেলায় ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আকারের প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক ঃ

১। চারটি মৌল A, B, C, D এর আয়নীকরণ বিভব ($kJmol^{-1}$) নিম্নরূপ। এক্ষেত্রে কোন্ মৌলটি ধনাত্মক আয়ন গঠন করবে?

(ক) A = 520 (খ) B = 950 (গ) C = 1200 (ঘ) D = 1500

২। আয়নীকরণ বিভবের মান কোন্ মৌলের ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন?

(ক) K (খ) Na (গ) Cl (ঘ) Ne

৩। চারটি হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তির মান নিম্নরূপ $kJmol^{-1}$ এককে হলে, এদের মধ্যে কোন্ মৌলটির ঋণাত্মক আয়ন গঠনের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি?

(ক) F (-333) (খ) Br (-324) (গ) Cl (-348) (ঘ) I (295)



http://pdfcorner.com

৪। A ও B মৌলদ্বয়ের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 2.1 হলে উভয়ের মধ্যে বন্ধন প্রকৃতি কীরূপ হবে?

(ক) সমযোজী (খ) আয়নিক (গ) সন্নিবেশ (ঘ) হাইড্রোজেন বন্ধন

৫। নিচের কোন্ যৌগটি সর্বাধিক সমযোজী হবে?

(ক) NaCl (খ) $AlCl_3$ (গ) $CH_4$ (ঘ) HCl

৬। চারটি মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা দেখে সিদ্ধান্ত নাও কোন্‌টি ধাতু হবে?

(ক) 3.5 (খ) 3.0 (গ) 0.9 (ঘ) 3.5

৭। নিচের চারটি মৌলের আয়নীকরণ বিভব মান দেখে সিদ্ধান্ত নাও কোন্‌টি নিষ্ক্রিয় মৌল হবে?

(ক) 738 $kJmol^{-1}$ (খ) 800 $kJmol^{-1}$ (গ) 2080 $kJmol^{-1}$ (ঘ) 1314 $kJmol^{-1}$

৮। ২য় পর্যায়ের মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে নিচের কোন্‌টির পারমাণবিক ব্যাসার্ধ সবচেয়ে বড় –

(ক) $1s^2 2s^1$ (খ) $1s^2 2s^2$ (গ) $1s^2 2s^2 2p^1$ (ঘ) $1s^2 2s^2 2p^2$

৯। নিচের কোন্ আয়নটির আকার সবচেয়ে ছোট হবে –

(ক) $F^-$ (খ) $O^{2-}$ (গ) $N^{3-}$ (ঘ) $Na^+$

১০। বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল একটি পরমাণু নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে কী বলে?

(ক) আয়নীকরণ শক্তি, (খ) ইলেকট্রন আসক্তি, (গ) তড়িৎঋণাত্মকতা, (ঘ) পোলারায়ন

**খ– ১ MCQ এর উত্তর মালা ঃ** ১। ক, ২। ক, ৩। গ, ৪। খ, ৫। গ, ৬। গ, ৭। গ, ৮। ক, ৯। ঘ, ১০। গ।

**খ– ২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরের ঃ**

১। একই পর্যায়ে যত বামদিক থেকে ডান দিকে যাওয়া যায়, ততই মৌলসমূহের পরমাণুর বেলায়–

(i) কক্ষপথে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, (ii) পরমাণুর আকার হ্রাস পায়,

(iii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়।

উপরের উক্তি থেকে নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

২। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA–এর মৌলসমূহের বেলায় যতই নিচের দিকে যাওয়া যায়, ততই–

(i) নতুন শক্তিস্তরে ইলেকট্রনযুক্ত হয় (ii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়

(iii) আয়নীকরণ বিভব হ্রাস পায়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৩। পর্যায় সারণির গ্রুপ VIIA এর মৌলসমূহের বেলায় যতই নিচের দিকে যাওয়া যায়,ততই–

(i) নতুন শক্তিস্তরে ইলেকট্রনযুক্ত হয় (ii) পারমাণবিক আকার বৃদ্ধি পায়

(iii) মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কমতে থাকে।

নিচের কোন্‌টি সবচেয়ে সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii), (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৪। ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডের বেলায় দেখা যায়–

(i) মৌলের সর্বোচ্চ যোজনী বাম দিক থেকে ডান দিকে বাড়ে

(ii) মৌলসমূহের যোজনী 1 থেকে 7 পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়

(iii) অক্সাইডের ক্ষার ধর্ম কমতে থাকে, অম্লধর্ম বাড়তে থাকে।

কোন্‌টি সবচেয়ে সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii), (iii)

৫। ২য় পর্যায়ের ৪টি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস হল Be (4) = $1s^2\ 2s^2$; B(5) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$

N (7) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ O(8) = $1s^2 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে তাদের আয়নীকরণ শক্তির সম্পর্ক হল–

(i) ১ম মৌলের চেয়ে ২য় মৌলের ১ম আয়নীকরণ শক্তি বেশি

(ii) ৪র্থ মৌলের ১ম আয়নীকরণ শক্তি ৩য় মৌলের চেয়ে কম

(iii) ৩য় মৌলের ১ম আয়নীকরণ শক্তি ২য় মৌলের ১ম আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে বেশি

কোন্‌টি সবচেয়ে সঠিক?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। Z মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হল $3s^2 3p^3$ -এর বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ ঃ

(i) এটি অধাতু (ii) এটি $Z^{3-}$ আয়ন তৈরি করে (iii) এর আয়নীকরণ শক্তি বেশি;

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৭। মৌলের আয়নীকরণ শক্তি নির্ভর করে নিম্নরূপে ঃ

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে হ্রাস পায় (ii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়

(iii) পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালযুক্ত পরমাণুর সুস্থিতির কারণে পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্কে ব্যতিক্রম ঘটে

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৮। মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি নির্ভর করে নিম্নরূপে ঃ

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে হ্রাস পায় (ii) একই পর্যায়ে নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়

(iii) যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধিতে হ্রাস পায়

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

৯। মৌলের তড়িৎঋণাত্মকতা নির্ভর করে নিম্ন মতে –

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে হ্রাস পায় (ii) একই পর্যায়ে নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়

(iii) Fr এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা সবচেয়ে কম, F এর সবচেয়ে বেশি।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

১০। ৩য় পর্যায়ভুক্ত তিনটি মৌলের ক্লোরাইডের বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ ঃ

(i) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী; (ii) $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষণে $SiO_2$ উৎপন্ন হয়;

(iii) $PCl_5$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণে $H_3PO_4$ উৎপন্ন হয়।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i) (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ – ২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। গ, ৩। গ, ৪। ঘ, ৫। খ, ৬। গ, ৭। খ, ৮। খ, ৯। খ, ১০। গ

**খ – ৩ MCQ : অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set MCQ)**

১। ৩য় পর্যায়ভুক্ত P, S ও Cl তাদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা সহকারে অক্সাইড গঠন করে। পানি ও ক্ষারের সাথে তাদের বিক্রিয়া প্রমাণ করে তারা অম্লধর্মী অক্সাইড। এ তথ্য থেকে নিচের (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১) P. ও S ও এর অক্সাইড দুটি পানির সাথে বিক্রিয়ায় এসিড উৎপন্ন করে কোন্‌টি –

(ক) $H_3PO_3$ ও $H_2SO_4$ (খ) $H_3PO_4$ ও $H_2SO_4$

(গ) $H_3PO_4$ ও $H_2SO_4$ (ঘ) $H_3PO_2$ ও $H_2S$

(২) Cl এর অক্সাইডটি NaOH ও $Ca(OH)_2$ এর সাথে পৃথক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ হল –

(ক) $NaClO_4$ ও $CaClO_4$ (খ) $Na_2ClO_4$ ও $CaClO_4$

(গ) $NaClO_4$ ও $Ca(ClO_4)_2$ (ঘ) $NaClO_3$ ও $Ca(ClO_3)_2$

২। ৩য় পর্যায়ভুক্ত Al. Si, P তাদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা সহকারে ক্লোরাইড গঠন করে। এসব ক্লোরাইড পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অম্ল তৈরি করে। এ তথ্য ভিত্তিক (১) ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(১)$AlCl_3$ আর্দ্র বিশ্লেষণের কারণ হল নিচের কোন্‌টি –

(ক) আয়নিক যৌগ (খ) Al হল অপধাতু (গ) অধিক পোলারায়ন ঘটে (ঘ) তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য 1.5

(২) $SiCl_4$ ও $PCl_5$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রতিক্ষেত্রে HCl এসিড ছাড়া অপর অম্লধর্মী যৌগ হল নিচের কোন্ সেট?

(ক) $H_2SiO_3$, $H_3PO_3$ (খ) $SiO_2$ ও $H_3PO_3$ গ) $SiO_2$, $H_3PO_4$ (ঘ) $H_2SiO_3$, $H_3PO_4$

**খ–৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) গ, (২) গ; ২। (১) গ, (২) গ;

http://pdfcorner.com

# ১৫ নিষ্ক্রিয় গ্যাস
## INERT GASES

**বিষয়বস্তু ঃ**

- নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উৎস ও আবিষ্কার;
- নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ও ভৌত ধর্ম;
- রাসায়নিক বন্ধন গঠনে এদের গুরুত্ব;
- এদের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার কারণ;
- নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যৌগসমূহ;
- নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ব্যবহার।

### ১৫·১। ভূমিকা
**Introduction**

**নিষ্ক্রিয় গ্যাস ঃ** পর্যায় সারণিতে প্রতিটি পর্যায়ের শেষ মৌলটি হল এক একটি গ্যাস। এরা হচ্ছে হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আর্গন (Ar), ক্রিপটন (Kr), জেনন (Xe) ও রেডন (Rn)। রাসায়নিকভাবে **নিষ্ক্রিয় এবং কক্ষ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় হওয়ায় এ সব মৌলকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস** (inert gas) **বলা হয়।** সাধারণত অন্য মৌলের সাথে যুক্ত হয় না বলে এদের স্বাভাবিক যোজনী শূন্য। এ কারণেই পর্যায় সারণিতে এদের শ্রেণীকে শূন্য গ্রুপ হিসেবে চিহ্নিত করা হয়।

**অভিজাত গ্যাস ঃ** অন্যান্য মৌলের তুলনায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের রাসায়নিকভাবে স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্যের কারণে এদেরকে **"অভিজাত গ্যাস"** বা noble gas-ও বলা হয়ে থাকে। কারণ, Xe ও Kr বিশেষ অবস্থায় অতীব সক্রিয় মৌল ফ্লোরিন (F) ও অক্সিজেনের সাথে যৌগ গঠন করতে সক্ষম। বায়ুমণ্ডল এবং অন্যান্য প্রাকৃতিক উৎসে এদের পরিমাণ খুব কম বলে এদেরকে **"বিরল গ্যাস"** বা rare gas-ও বলা হয়। **এরা এক-পরমাণুক;** অর্থাৎ এদের অণুতে একটি মাত্র পরমাণু বিদ্যমান; কিন্তু অন্যান্য মৌলিক গ্যাস স্বাভাবিক অবস্থায় দ্বি-পরমাণুক। একইভাবে Ag , Au ও Pt ধাতু কম সক্রিয় হওয়ায় এদেরকে অভিজাত ধাতু বলে।

ছয়টি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মধ্যে প্রথম পাঁচটি মৌল সুস্থিত। কিন্তু সর্বশেষ মৌল রেডনের কোন সুস্থিত আইসোটোপ নেই। অর্থাৎ এটির সব আইসোটোপ তেজস্ক্রিয়। রেডনের সব আইসোটোপের অর্ধজীবন খুব কম। সবচেয়ে দীর্ঘ অর্ধজীবনধারী (3.823 দিন) আইসোটোপ হচ্ছে রেডন–222, যা রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা থেকে সৃষ্টি হয়।

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

### ১৫·২। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কার
**Discovery of Inert Gases**

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আবিষ্কারের মূলে বহু জ্যোতির্বিদ, পদার্থবিদ ও রসায়নবিদের সম্মিলিত অবদান রয়েছে। ১৭৮৫ খ্রিস্টাব্দে ক্যাভেন্ডিস অবিচ্ছিন্ন বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ প্রয়োগ করে বাতাসের উপর গবেষণা করছিলেন। একটি বন্ধ কাচের নলে অধিক অক্সিজেন মিশানো বাতাসের মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টির ফলে বাতাসের সমস্ত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে বাদামি বর্ণের নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড সৃষ্টি হয়। এ নলে কিছু KOH দ্রবণ জমা ছিল, যা এ গ্যাসকে শোষণ করে। অবশিষ্ট অক্সিজেনকে পটাসিয়াম পেন্টা সালফাইড ($K_2S_5$) দ্রবণ দ্বারা শোষণ করা হয়।

$$N_2(g) + 2O_2(g) \xrightarrow{\text{electric spark}} NO_2(g);$$ spark = বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ;

$$2NO_2(g) + 2KOH(aq) \longrightarrow KNO_3(aq) + KNO_2(aq) + H_2O(l)$$

http://pdfcorner.com

ক্যাভেন্ডিস এসব পরীক্ষা দ্বারা সিদ্ধান্ত করেন যে, প্রথমে কাচের নলে যে পরিমাণ বাতাস প্রবেশ করানো হয়েছিল, তার প্রায় ১/১২০ অংশ তবুও থেকে যায়। প্রকৃতপক্ষে এ অংশ ছিল নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ। কিন্তু তখন ক্যাভেন্ডিস ঐ গ্যাস সম্বন্ধে সঠিক সিদ্ধান্ত করতে পারেননি। এর একশ সাত বছর পরে সর্বপ্রথম একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গন আবিষ্কৃত হয়।

**(ক) আর্গনের আবিষ্কার ঃ** ১৮৯২ খ্রিস্টাব্দে লর্ড র‍্যালে (Rayleigh) বিভিন্ন গ্যাসের ঘনত্বের উপর গবেষণা করছিলেন। তিনি দুটি পৃথক পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করে তার ঘনত্ব নির্ণয় করতে গিয়ে লক্ষ করলেন যে, দুভাবে প্রস্তুত নাইট্রোজেনের ঘনত্বে কিছু পার্থক্য দেখা যায়। বায়ুমণ্ডল থেকে পৃথকীকৃত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব হচ্ছে 1.2572 $gL^{-1}$ যা রাসায়নিক পদ্ধতিতে $NH_3$, $NH_4NO_3$ ইত্যাদি থেকে প্রস্তুত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1.2505 $L^{-1}$ অপেক্ষা সামান্য বেশি। ১৮৯৪ খ্রিস্টাব্দে স্যার উইলিয়াম র‍্যামজে (Ramsay) মত প্রকাশ করেন যে, বাতাসে সম্ভবত কিছু গ্যাস আছে, যা উপরোক্ত পদ্ধতিতে দূরীভূত হয়নি এবং যার ঘনত্ব নাইট্রোজেন অপেক্ষা বেশি। এ ধারণার জন্য র‍্যালে ও র‍্যামজে নিম্নোক্ত পরীক্ষণ করেন। তাঁরা কিছু পরিমাণ শুষ্ক বাতাসকে লোহিত তপ্ত কপার কুঁচির উপর চালনা করে তা থেকে অক্সিজেন দূরীভূত করেন। অবশিষ্ট বাতাসকে উত্তপ্ত Mg ধাতুর উপর দিয়ে চালনা করেন যেন সমস্ত নাইট্রোজেন $Mg_3N_2$ রূপে দূরীভূত হয়। দেখা যায় যে, এরপরও কিছু গ্যাস থেকে যায়, যার আয়তন মূল বাতাসের আয়তনের অন্তত ১/৮০ অংশ।

র‍্যালে ও র‍্যামজে অবশিষ্ট গ্যাসের বর্ণালী পরীক্ষা করে একপ্রকার বর্ণালী পান, যা ইতোপূর্বের কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে পাওয়া যায়নি। সুতরাং এ থেকে নতুন গ্যাসের অস্তিত্ব নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হয়।

এ নতুন গ্যাসের ধর্মাবলি বিস্তারিতভাবে পরীক্ষা করে দেখা যায় যে, তা কোন মৌলের সাথে বিক্রিয়া করে না। এ নিষ্ক্রিয়তার জন্য এ গ্যাসের নাম রাখা হয় আর্গন **(Argon)**। এ গ্রিক শব্দ "argos" এর অর্থ "অলস" বা "নিষ্ক্রিয়।" এটি একটি এক-পরমাণুক গ্যাস। এর বাষ্প ঘনত্ব 19.94। সুতরাং এর পারমাণবিক বা আণবিক ভর 39.9।

**(খ) হিলিয়াম আবিষ্কার ঃ** ১৮৬৮ খ্রিস্টাব্দে এক সূর্যগ্রহণের সময় সৌর আবরণ গ্যাসের বর্ণালী পরীক্ষা করতে গিয়ে ফরাসি জ্যোতির্বিদ জ্যানসেন (Janssen) একটি উজ্জ্বল বর্ণের বর্ণালী রেখা আবিষ্কার করেন, যা ইতোপূর্বে কোন মৌল বা যৌগের ক্ষেত্রে দেখা যায়নি। লকইয়ার ও ফ্রাঙ্কল্যান্ড (Lockeyer & Frankland) মত প্রকাশ করেন যে, এ রেখা তখন অনাবিষ্কৃত কোন মৌল থেকে সৃষ্ট। তাঁরা সেই মৌলের নাম হিলিয়াম রাখেন। গ্রিক শব্দ 'helios' এর অর্থ সূর্য।

১৮৯৫ খ্রিস্টাব্দে র‍্যামজে ক্লেভাইট নামক ইউরেনিয়াম খনিজ থেকে একটি গ্যাস পৃথক করেন। এ গ্যাসটির বর্ণালী গ্রহণ করে তিনি নিশ্চিত হন যে এটি হিলিয়াম। এভাবে ভূপৃষ্ঠেও হিলিয়ামের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। হিলিয়ামও এক-পরমাণুক গ্যাস এবং রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। এর পারমাণবিক ভর প্রায় 4 এবং বাষ্প ঘনত্ব প্রায় 2 (হাইড্রোজেনের তুলনায়)।

**(গ) নিয়ন, ক্রিপটন ও জেননের আবিষ্কার ঃ** ১৮৯৮ খ্রিস্টাব্দে র‍্যামজে ও ট্রাভার্স (Travers) তরলীকৃত বায়ু নিয়ে গবেষণা শুরু করেন। তরল বায়ুকে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করার পর অতি ক্ষুদ্র তরল পদার্থ অবশিষ্ট ছিল, যার ঘনত্ব অনেক বেশি ছিল। এ থেকে $N_2$ ও $O_2$ অপদ্রব্যকে যথাসম্ভব অপসারিত করে এর বর্ণালী গ্রহণ করেন, যাতে একটি উজ্জ্বল হলুদ রেখা দেখা যায়, যা ইতোপূর্বে আবিষ্কৃত কোন বস্তুর বর্ণালীর সাথে মিলে না। তাঁরা বুঝতে পারেন যে, একটি নতুন মৌল আবিষ্কৃত হয়েছে; তাঁরা এর নাম ক্রিপটন রাখেন। পরবর্তী পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, এটি একটি এক-পরমাণুক গ্যাস এবং রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। এর বাষ্প ঘনত্ব প্রায় 40; সুতরাং পারমাণবিক ভর প্রায় 80। সুতরাং পর্যায় সারণিতে এর অবস্থান আর্গনের ঠিক নিচে। ক্রিপটন "krypton" একটি গ্রিক শব্দ, এর অর্থ গুপ্ত (hidden)।

http://pdfcorner.com

ক্রিপটনের আবিষ্কারের পর তরল বায়ুর পাতনে প্রাপ্ত অধিক উদ্বায়ী ও হালকা অংশগুলোর আংশিক পাতনের সাহায্যে একটি নতুন নিষ্ক্রিয় গ্যাস পৃথক করেন এবং বর্ণালীর সাহায্যে সম্পূর্ণ নতুন মৌল হিসেবে এটিকে শনাক্ত করেন। এ গ্যাসের নাম **নিয়ন** রাখেন। গ্রিক ভাষায় "neon" শব্দের অর্থ "নতুন" (new)। এটিও এক-পরমাণুক নিষ্ক্রিয় গ্যাস। এর বাষ্প ঘনত্ব 10, সুতরাং পারমাণবিক ভর 20; অর্থাৎ পর্যায় সারণিতে এর অবস্থান হিলিয়ামের ঠিক নিচে এবং আর্গনের ঠিক উপরে।

১৮৯৮ খ্রিস্টাব্দের জুলাই মাসেই র‍্যামজে ও ট্রাভার্স তরল বায়ুর কম উদ্বায়ী অংশের আংশিক পাতন দ্বারা ক্রিপটন শোধন করার সময় অস্বাভাবিক বেশি ঘনত্বের একটি গ্যাস আবিষ্কার করেন। বর্ণালী বিশ্লেষণের মাধ্যমে এ গ্যাসকে একটি নতুন মৌল হিসেবে শনাক্ত করেন এবং এর নাম **জেনন** রাখেন। "জেনন" কথাটি গ্রিক শব্দ "জেনোস" xenos থেকে এসেছে যার অর্থ "আগন্তুক" (stranger)। এ গ্যাসটিও এক-পরমাণুক; এর বাষ্প ঘনত্ব প্রায় 64 এবং পারমাণবিক ভর প্রায় 128। পর্যায় সারণিতে প্রস্তাবিত নতুন গ্রুপে ক্রিপটনের ঠিক নিচেই এর স্থান নির্ধারণ করা হয়।

**(ঘ) রেডনের আবিষ্কার ঃ** রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার ফলে অতি ক্ষুদ্র পরিমাণে একটি গ্যাস সৃষ্টি হয়। ১৯০৭ খ্রিস্টাব্দে জার্মান পদার্থবিদ ই. ই. ডর্ন (Dorn)-এ গ্যাসকে একটি নতুন মৌল হিসেবে চিহ্নিত করেন এবং রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা থেকে সৃষ্ট বলে এর নাম **রেডন** রাখেন। এর রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত। পর্যায় সারণিতে এর স্থান জেননের ঠিক নিচে।

## ১৫.৩। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উৎস ও পৃথকীকরণ
## Sources of Inert gases and their Isolation

বিভিন্ন প্রাকৃতিক উৎস থেকে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ পাওয়া যায়। প্রধান উৎসসমূহ নিম্নে আলোচনা করা হল ঃ

**(১) বায়ুমণ্ডল ঃ** রেডন ব্যতীত অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের জন্য বায়ুমণ্ডল একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস। সারণি ১৫.১-এ **বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের শতকরা পরিমাণ এবং মোট পরিমাণ প্রায় 0.93% দেখানো হল।**

**সারণি ১৫.১ ঃ বায়ুমণ্ডলে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের % পরিমাণ**

| বায়ুমণ্ডলে নিষ্ক্রিয় গ্যাস | %পরিমাণ (আয়তন) |
|---|---|
| হিলিয়াম | 0.00052 |
| নিয়ন | 0.00180 |
| আর্গন | 0.93200 |
| ক্রিপটন | 0.00011 |
| জেনন | 0.00001 |
| রেডন | ..... |
| মোট | = 0.93444 |

লক্ষণীয়, বায়ুমণ্ডলে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে আর্গনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশি। আর্গন ব্যতীত অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিমাণ খুবই কম হলেও বায়ুমণ্ডল থেকে এ সব গ্যাস অর্থনৈতিকভাবে আহরণ করা হয়।

**(২) প্রাকৃতিক গ্যাস ঃ** আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে ও প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে আহরিত হিলিয়াম কানাডায় প্রাকৃতিক গ্যাসে হিলিয়াম মিশ্রিত থাকে। প্রকৃতপক্ষে যুক্তরাষ্ট্রের টেক্সাস, ওকলাহোমা ও ক্যানসাসে প্রাপ্ত দ্বারাই সমগ্র পৃথিবীর প্রায় সম্পূর্ণ প্রয়োজন মিটানো হয়। এ ছাড়া কানাডার মাসকাচুয়ানে সুইফট নদীর তীরে হিলিয়াম আহরণের একটি কারখানা আছে। এ সব স্থানে প্রাকৃতিক গ্যাসে **2–7% পর্যন্ত হিলিয়াম** থাকে। ধারণা করা হয় বহু কোটি বছর যাবৎ তেজস্ক্রিয় আইসোটোপসমূহ থেকে হিলিয়াম উৎপন্ন হয়ে মাটির নিচে জমা হয়েছে।

**(৩) খনিজ পদার্থ ঃ** অতি উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলসমূহের বিভিন্ন আইসোটোপ তেজস্ক্রিয় এবং অনেক আইসোটোপ আলফা কণা বিকিরণ করে যা প্রকৃতপক্ষে হিলিয়াম নিউক্লিয়াস। এভাবে সৃষ্ট হিলিয়াম এ সব মৌলের খনিজে যেমন, থোরিয়ানাইট (thorianite), পিচ ব্লেন্ড (pitch blende) ও মোনাজাইট (monazite) ইত্যাদিতে শোষিত অবস্থায় থাকে। বিশেষ করে ইউরেনিয়াম ও থোরিয়াম খনিতে এভাবে সৃষ্ট হিলিয়ামের পরিমাণ এত বেশি যে তা বাণিজ্যিকভাবে আহরণ করা যায়। খনিজকে এসিডে দ্রবীভূত করলে বা বায়ুশূন্য অবস্থায় উত্তপ্ত করলে হিলিয়াম খনিজ থেকে বের হয়ে আসে। খনিজে অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিমাণ এতই কম যে বাণিজ্যিকভাবে তাদের আহরণ লাভজনক নয়।

http://pdfcorner.com

**(৪) ঝর্নার পানি :** কোন কোন ঝর্নার পানিতে প্রচুর পরিমাণে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বিদ্যমান। এ সকল ঝর্নার পানি থেকে লাভজনকভাবে প্রচুর নিষ্ক্রিয় গ্যাস আহরণ করা হয়। যেমন বোরবঁ ল্যান্সি (Baurbon-lancy) নামক ঝর্নার খনিজ পানিতে **1.84% হিলিয়াম গ্যাস** আছে।

## ১৫·৪। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস
### Electronic Configuration of Inert gases

বর্ণালীবীক্ষণ ও অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ নির্ধারিত হয় :

হিলিয়াম, He(2) : $1s^2$

নিয়ন, Ne (10) : [He] $\mathbf{2s^2\ 2p^6}$

আর্গন, Ar (18) : [Ne] $\mathbf{3s^2\ 3p^6}$

ক্রিপটন, Kr (36) : [Ar] $3d^{10}\ \mathbf{4s^2\ 4p^6}$

জেনন, Xe (54) : [Kr] $4d^{10}\ \mathbf{5s^2\ 5p^6}$,

রেডন, Rn (86) : [Xe] $4f^{14}\ 5d^{10}\ \mathbf{6s^2\ 6p^6}$

লক্ষ করলে দেখা যায় যে, হিলিয়াম ব্যতীত সব নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সর্ববহিস্থ স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2\ np^6$। **হিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস সহজেই বোধগম্য কেননা; n = 1 হলে p অরবিটাল থাকা সম্ভব নয়।**

## ১৫·৫। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ভৌত ধর্ম
### Physical properties of Inert gases

(১) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে এক-পরমাণুক গ্যাস। (২) এদের কোন বর্ণ, স্বাদ বা গন্ধ নেই। (৩) পানিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের দ্রাব্যতা প্রতি লিটার পানিতে অতি সামান্য। যেমন; 20°C তাপমাত্রায় He = 13.8 ml; Ne = 14.7 ml; Ar = 37.9 ml; Kr = 73.0 ml; Xe = 110.9 ml। সারণি ১৫.২-এ এদের কয়েকটি ভৌত ধর্ম দেয়া হল। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এসব ধর্মের ক্রম পরিবর্তন সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়।

**সারণি ১৫.২ : নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম।**

| ধর্মাবলি (এককসহ) | He | Ne | Ar | Kr | Xe | Rn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ১। পারমাণবিক সংখ্যা | 2 | 10 | 18 | 36 | 54 | 86 |
| ২। পারমাণবিক ভর | 4.0026 | 20.179 | 39.948 | 83.8 | 131.3 | 222 |
| ৩। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) | – | 0.160 | 0.192 | 0.198 | 0.218 | – |
| ৪। প্রথম আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব ($kJmol^{-1}$) | 2372 | 2080 | 1521 | 1351 | 1117 | 1037 |
| ৫। গ্যাসীয় অবস্থায় ঘনত্ব (গ্রাম/লিটার) | 0.1785 | 0.9002 | 1.7809 | 3.708 | 5.851 | 9.73 |
| ৬। তরল অবস্থায় ঘনত্ব (গ্রাম/মিলিলিটার) | 0.126 | 1.206 | 1.65 | 2.6 | 3.06 | 4.4 |
| ৭। গলনাঙ্ক (K) | 1 (26 atm) | 24.43 | 83.9 | 104 | 133 | 202 |
| ৮। স্ফুটনাঙ্ক (K) | 4.216 | 27.07 | 87.29 | 119.7 | 165.04 | 211.0 |
| ৯। সন্ধি তাপমাত্রা (K) | 5.19 | 44.4 | 150.6 | 210.5 | 289.6 | 377.5 |
| ১০। সন্ধিচাপ (atm) | 2.26 | 26.86 | 47.966 | 54.3 | 58.2 | 62.4 |
| ১১। গলন তাপ $kJmol^{-1}$ | 0.0138 | 0.3347 | 1.1715 | 1.4267 | 2.2970 | – |
| ১২। বাষ্পীভবন তাপ $kJmol^{-1}$ | 0.08 | 1.7 | 6.5 | 9.1 | 12.7 | 18.1 |
| ১৩। আপেক্ষিক তাপ ($C_p/C_v$) | 1.65 | 1.64 | 1.65 | 1.69 | 1.67 | – |

http://pdfcorner.com

(৪) যেহেতু এক মোল পরিমাণ যে কোন আদর্শ গ্যাসের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 L সেহেতু সাধারণভাবে **গ্যাসসমূহের ঘনত্ব এদের আণবিক ভরের সমানুপাতিক**। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের বেলায় এদের পারমাণবিক ভরই আণবিক ভর। সুতরাং এসব গ্যাসের ঘনত্ব পারমাণবিক ভরের সাথে সমানুপাতিক হারে বাড়ে।

(৫) এসব গ্যাসের **গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক** খুবই কম। কারণ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুসমূহের মধ্যে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ ছাড়া অন্য কোন আকর্ষণ নেই এবং এ আকর্ষণও খুবই দুর্বল; কেননা এসব পরমাণুতে স্থায়ী দ্বিপোল নেই। চলমান ইলেকট্রনের জন্য এসব গ্যাসীয় পরমাণুসমূহের মধ্যে পরিবর্তনশীল দ্বিপোলের সৃষ্টি হয়। পরমাণুর আকার বৃদ্ধি হলে এ দ্বিপোলের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এ দ্বিপোলই এ গ্যাসসমূহের বেলায় ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বলের প্রধান উৎস। **তাই পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণুগুলোর মধ্যকার দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়; ফলে এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।**

(৬) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যকার দুর্বল আকর্ষণের কারণেই এদের **গলন তাপ ও বাষ্পীভবন তাপ** কম। কেননা পরমাণুসমূহকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করতে বেশি শক্তির প্রয়োজন হয় না। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ বৃদ্ধি পায়, তাই এসব গ্যাসের গলন তাপ ও বাষ্পীভবন তাপ পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ক্রমশ বাড়ে।

(৭) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের একটি বিশেষত্ব এই যে, এদের **আপেক্ষিক তাপসমূহের অনুপাত** ( $C_p / C_v$ ) 1.64 থেকে 1.69 এর মধ্যে। তাত্ত্বিকভাবে দেখানো যায় যে, যে আদর্শ গ্যাসের অণুতে একটি মাত্র পরমাণু আছে, তার বেলায় এ অনুপাত 1.667 হবে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণুসমূহ যে বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থান করে, তা এ থেকে প্রমাণিত হয়।

(৮) যেহেতু পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসে একটি করে নতুন প্রধান ইলেকট্রন স্তর যুক্ত হয় সেহেতু এর সাথে এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

(৯) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস খুবই সুস্থিত হওয়ায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নীকরণ শক্তি তুলনামূলকভাবে বেশি এবং যে কোন পর্যায়ের সব মৌলের মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের **আয়নীকরণ শক্তি** সবচেয়ে বেশি। পরমাণুর আকার বড় হলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমশ দূরে অবস্থিত বলে তার উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ক্রমশ কমে। ফলে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নীকরণ শক্তি ক্রমাগতভাবে কমে।**

(১০) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহকে তরলীভূত করা খুবই জটিল; কারণ এদের "ভ্যানডার ওয়ালস্" আকর্ষণ বল কম। পারমাণবিক আকার বৃদ্ধির সাথে এ আকর্ষণ বল বাড়ে; তাই He থেকে Rn-এর অনুক্রমে তরলীকরণ কিছুটা সম্ভব হয়।

## ১৫.৬। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার কারণ
### Causes of chemical inertness of inert gases

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার কারণ তাদের যোজ্যতা স্তরের সুস্থিত ইলেকট্রন বিন্যাস। তাদের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে বিভিন্ন অরবিটাল অনুমোদিত সংখ্যক ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে। যেমন ঃ

He (2) → $\boxed{1s^2}$

Ne (10) → $1s^2$ $\boxed{2s^2 2p^6}$

Ar (18) → $1s^2\ 2s^2 2p^6$ $\boxed{3s^2 3p^6}$

Kr (36) → $1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ $\boxed{4s^2\ 4p^6}$

Xe (54) → $1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2\ 4p^6 4d^{10}$ $\boxed{5s^2 5p^6}$

Rn (86) → $1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2\ 4p^6 4d^{10}\ 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10}$ $\boxed{6s^2 6p^6}$



http://pdfcorner.com

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে জানা যায় হিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2$ এবং অন্যসব নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সর্ববহিস্থ স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $ns^2\ np^6$। প্রত্যেক নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের দ্বিত্ব ($1s^2$) এবং অষ্টক ($ns^2\ np^6$) ইলেকট্রন বিন্যাস হল অধিকতর স্থায়ী।

অধিকতর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নিক বন্ধন অথবা সমযোজী বন্ধন গঠন করা খুব কঠিন বা অসম্ভব। তার ব্যাখ্যা নিম্নরূপ ঃ

(i) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন আসক্তি প্রায় শূন্য। এ কারণে **কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন সৃষ্টি করে না।**

(ii) আবার প্রতিটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস অত্যন্ত সুস্থিত। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপসারণের মাধ্যমে **ক্যাটায়ন সৃষ্টিও সহজসাধ্য নয়।** নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ক্যাটায়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টির প্রক্রিয়া থেকে পাওয়া সম্ভব নয়।

(iii) **সমযোজী যৌগ গঠনের জন্য অযুগ্ম ইলেকট্রনের প্রয়োজন।** নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসে কোন অযুগ্ম ইলেকট্রন নেই। সে কারণে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ **সাধারণভাবে সমযোজী যৌগ গঠন করতে পারে না।** কিন্তু এক বা একাধিক ইলেকট্রনকে নিম্নস্তর থেকে উচ্চস্তরে প্রেরণ করে অযুগ্ম ইলেকট্রন পাওয়া যায়।

(i) তখন হিলিয়াম, নিয়ন ও আর্গনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনকে এমন একটি অরবিটালে প্রেরণ করতে হয় যার প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা পূর্বের সর্বোচ্চ কোয়ান্টাম সংখ্যা অপেক্ষা এক বেশি। এতে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন হয় যা রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টির প্রক্রিয়া থেকে পূরণ হয় না। সুতরাং নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পক্ষে এভাবে আয়নিক যৌগ বা সমযোজী যৌগ গঠন সম্ভব হয় না। তাই **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় হয়।**

## ১৫·৭। রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার গুরুত্ব (Importance of Inertness of inert gases in explaining Chemical bonding)

১৯১৬ খ্রিস্টাব্দে কোসেল (Kossel) এবং লুইস (Lewis) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার তাৎপর্য উপলব্ধি করেন এবং তাদের ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার যে সম্পর্ক আছে, তার উপর ভিত্তি করে তাঁরা রাসায়নিক বন্ধন সম্পর্কে ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রকাশ করেন, যা আধুনিক রসায়নের ভিত্তি স্থাপন করে। অন্যান্য মৌলের রাসায়নিক ধর্মও যে তাদের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল তাও এ তত্ত্বে উল্লিখিত হয়।

আবিষ্কৃত সব মৌলের মধ্যে শুধুমাত্র নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণু মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে বিরাজ করে। এ মৌলসমূহ সহজে অন্যান্য মৌলসমূহ বা নিজেদের মধ্যে কোন যৌগ গঠন করে না। এ থেকে বোঝা যায় যে, নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণুর এছাড়া **ইলেকট্রন বিন্যাস খুবই স্থিতিশীল** ফলে এরা কোন ধরনের রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টিতে আগ্রহী নয়।

নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের যোজ্যতা স্তরের **ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে** (হিলিয়ামের $1s^2$ এবং অন্য সব মৌলের $ns^2np^6$। এ ইলেকট্রন বিন্যাসের বিশেষ স্থিতিশীলতা তাদের আয়নীকরণ বিভব ও ইলেকট্রন আসক্তি থেকেও প্রমাণিত হয়। **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি প্রায় শূন্য এসব মৌলের আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে বেশি।** এ স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস ($ns^2np^6$) থেকে কোন ইলেকট্রন অপসারণ সবচেয়ে কঠিন। অপরদিকে **ক্ষার ধাতুসমূহের আয়নীকরণ সবচেয়ে কম।** ক্ষার ধাতুসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $(n-1)s^2(n-1)p^6ns^1$ অর্থাৎ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের অপেক্ষা এদের একটি ইলেকট্রন বেশি আছে। ক্ষার ধাতুসমূহ সহজেই একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করতে আগ্রহী। আবার **ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি খুবই বেশি।** কেননা সে ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস ভেঙে দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি অপসারণ করতে হয়।

http://pdfcorner.com

হ্যালোজেন মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^5$ । এদের ইলেকট্রন আসক্তি যে কোন পর্যায়ে সবচেয়ে বেশি। অর্থাৎ একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ন্যায় $ns^2np^6$ বিন্যাস গঠনের জন্য এদের আগ্রহ খুবই বেশি। এ সব উদাহরণ থেকে স্পষ্ট যে, **সব মৌলের পরমাণুর মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ন্যায় ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জনের প্রবণতা আছে। প্রতিটি পরমাণুর এ প্রবণতা থাকার কারণেই রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টি হয়।**

যেমন সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণু পরস্পরের নিকটবর্তী হলে সোডিয়াম পরমাণু (ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$) একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6$) অর্জন করে অপরদিকে ক্লোরিন পরমাণু (সর্বশেষ স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস $3s^2 3p^5$) সে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গনের ইলেকট্রন বিন্যাস ($3s^2\ 3p^6$) অর্জন করে। এভাবে আয়নিক বন্ধনের সৃষ্টি হয়।

দুটি অধাতু পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদান সম্ভব নয়, তখন ইলেকট্রন শেয়ারের মাধ্যমে মৌলসমূহের পরমাণু নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে। যেমন অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পরমাণু নিম্নরূপে ইলেকট্রন শেয়ার করে যথাক্রমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়ন ও হিলিয়ামের ন্যায় ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে; ফলে পানি অণু সৃষ্টি হয়। এভাবে সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়।

পানির অণু

• = অক্সিজেনের যোজনী স্তরের ইলেকট্রন

× = হাইড্রোজেনের যোজনী স্তরের ইলেকট্রন

## ১৫·৮। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যৌগ গঠন
### Formation of Compounds by Inert Gases

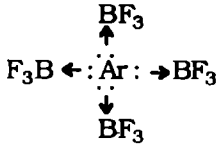
নিষ্ক্রিয় গ্যাস পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অরবিটালসমূহ ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ; যেমন He-এর বেলায় $1s^2$ এবং অন্যান্য মৌলের বেলায় $ns^2sp^6$। তাদের পক্ষে ইলেকট্রন বর্জন অথবা গ্রহণ কোনটাই সম্ভব হয় না বলে স্বাভাবিক অবস্থায় তারা রাসায়নিকভাবে ক্রিয়াহীন। তবে বিশেষ ক্ষেত্রে **উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট নিষ্ক্রিয় মৌল** Kr ও Xe **অল্প সংখ্যক যৌগ গঠন করে।** নিষ্ক্রিয় মৌলের যৌগসমূহকে নিম্নরূপ কয়েক শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

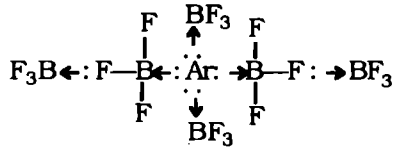
**(১) সন্নিবেশ যৌগ গঠন ঃ** নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে **মুক্ত ইলেকট্রন যুগল আছে।** তাই উপযুক্ত পরিবেশে শক্তিশালী ইলেকট্রন গ্রহীতা পরমাণুকে তারা ইলেকট্রন যুগল যোগান দিয়ে সন্নিবেশ যৌগ গঠন করতে পারে। যেমন,

আর্গন পরমাণুর সর্বশেষ ৩য় শক্তিস্তরে চারটি মুক্ত ইলেকট্রন যুগল যেমন $:\ddot{A}r:$ বা, $(3s^2\ 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^2)$ আছে। তাই আর্গন (Ar) পরমাণু **নিম্ন তাপমাত্রায়** বিভিন্ন প্রকার আর্গন বোরন ট্রাইফ্লোরাইড যৌগ গঠন করে। তাদের সাধারণ সংকেত $Ar.nBF_3$ এখানে n = 1, 2, 3, 4 এবং তা 6 ও 16 পর্যন্ত হয়ে থাকে। প্রথম চারটিতে $Ar \rightarrow B$ সন্নিবেশ বন্ধন এবং পরবর্তী যৌগগুলোতে সংযুক্ত $BF_3$ এর F এর সাথে অন্য $BF_3$ অণুর সন্নিবেশ বন্ধন ঘটতে থাকে। যেমন,

$:\ddot{A}r:$

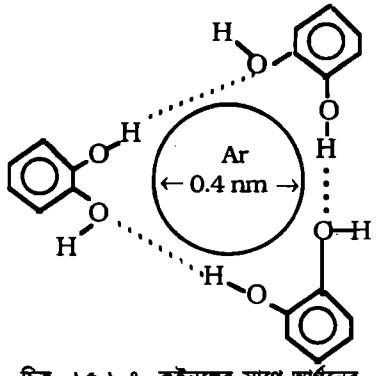
$Ar: \rightarrow BF_3$ $\qquad$ $F_3B \leftarrow : Ar: \rightarrow BF_3$





http://pdfcorner.com

**(২) ক্যাথরেট যৌগ বা অবরোধ যৌগ গঠন ঃ** 1950 খ্রিস্টাব্দে এইচ. এম. পাউয়েল দেখান যে, বিশেষ গঠনের কিছু জৈব ও অজৈব যৌগ আছে, যাদের কেলাস জালির ফাঁকা স্থানের মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল অবরুদ্ধ অবস্থায় থাকতে পারে। এসব যৌগকে ক্যাথরেট বা অবরোধ যৌগ বলে।



চিত্র ১৫.১ ঃ কুইনলের সাথে আর্গনের ক্যাথরেট যৌগ।

যেমন, Ar, Kr ও Xe এর সাথে কুইনলে ক্যাথরেট যৌগ গঠন করে। প্রায় 10—40 atm চাপে আর্গন Ar, Kr, Xe প্রভৃতি বড় আকারের নিষ্ক্রিয় মৌল পরমাণুর উপস্থিতিতে কুইনল বা ডাইহাইড্রক্সি বেনজিনকে জলীয় বা অ্যালকোহলীয় দ্রবণ হতে কেলাসিত করলে নিষ্ক্রিয় গ্যাস পরমাণু কুইনলের কেলাস জালির ফাঁকা স্থানে অবরুদ্ধ হয়ে ক্যাথরেট যৌগ গঠন করে।আর্গনের ট্রাইকুইনল ক্যাথরেট যৌগের সংকেত হল $Ar[C_6H_4(OH)_2]_3$ কুইনল কেলাস–জালির ফাঁকা বৃত্তাকার স্থানের ব্যাসের দূরত্ব 0.4 nm। এ স্থানে Ar পরমাণু অবরুদ্ধ থাকে। উপযুক্ত আকারের নিষ্ক্রিয় এক-পরমাণুক মৌলসমূহ পানি, মিথানল প্রভৃতির সাথে কেলাসাকার ক্যাথরেট যৌগ গঠন করতে পারে।

**(৩) ডাইপোলের প্রভাবে যৌগ গঠন ঃ** শক্তিশালী ডাইপোলার যৌগ (যেমন পানি)–এর প্রভাবে উচ্চ চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণু পোলারিত হয়। তখন নিষ্ক্রিয় গ্যাস পরমাণুগুলো দুর্বল আবেশীয় ডাইপোলের মত ক্রিয়া করে হেক্সাহাইড্রেট যৌগ গঠন করে। যেমন, $Ar.6H_2O$, $Kr.6H_2O$, $Xe.6H_2O$

**(৪) উদ্দীপিত অবস্থায় যৌগ গঠন ঃ** বিদ্যুৎ ক্ষরণ দ্বারা উচ্চতর তাপমাত্রায় হিলিয়াম পরমাণুর $1s^2$ ইলেকট্রন যুগল ভেঙে $1s^1 2s^1$ উদ্দীপিত অবস্থায় যায়। তখন মারকারির সাথে হিলিয়াম সুস্থিত মারকারি হিলাইড ($HgHe_{10}$) গঠন করে। অনুরূপভাবে টাংস্টেন ধাতু ও হিলিয়াম টাংস্টেন হিলাইড (WHe) গঠন করে। প্রকৃতপক্ষে তারা অধিশোষণ যৌগ, প্রকৃত রাসায়নিক যৌগ নয়।

**(৫) রাসায়নিক যৌগ গঠন ঃ**

**ফ্লোরিন ও অক্সিজেনের সাথে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যেমন Xe, Kr পরমাণু সত্যিকার রাসায়নিক বন্ধনের মাধ্যমে কিছু যৌগ গঠন করে। প্রধানত জেনন এ ধরনের সুস্থিত সমযোজী যৌগ গঠন করে,** যাতে জেনন + 2, + 4, + 6 ও + 8 জারণ অবস্থায় থাকে। এসব জারণ অবস্থা নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায়।

সাধারণ অবস্থায় Xe-এর ইলেকট্রন বিন্যাস Xe (54) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}$ $\boxed{5s^2\ 5p_x^2\ 5p_y^2\ 5p_z^2}$ । 5p অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন 5d অরবিটালে উত্তোলিত করলে Xe এর প্রথম উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় ... ... $5s^2\ 5p_x^2\ 5p_y^2 \boxed{5p_z^1\ 5d_{xy}^1}$; যাতে দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। ফলে এ অবস্থায় এর যোজনী 2 হয়; যেমন $XeF_2$ যৌগে।

$$Xe(g) + F_2(g) \xrightarrow[Ni]{400^\circ C} XeF_2(s)\ [\text{জেনন ডাইফ্লোরাইড}]$$

5p অরবিটাল থেকে আরো দুটি ইলেকট্রনকে উদ্দীপিত করে 5d অরবিটালে স্থানান্তরিত করলে Xe-এর দ্বিতীয় উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয়, ... ... $5s^2\ 5p_x^2\ \boxed{5p_y^1\ 5p_z^1\ 5d_{xy}^1\ 5d_{yz}^1}$ । এ অবস্থায় চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকায় এর যোজনী 4 হয়, যেমন $XeF_4$ যৌগে।

$$Xe(g) + 2F_2(g) \xrightarrow[56\ atm]{400^\circ C, Ni} XeF_4\ [\text{জেনন টেট্রাফ্লোরাইড}]$$

অনুরূপভাবে তিনটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের মাধ্যমে যোজনী 6 এবং চারটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের দ্বারা যোজনী 8 ব্যাখ্যা করা যায়। আবার প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান যতই বৃদ্ধি পায় বিভিন্ন অরবিটালের মধ্যে শক্তির

http://pdfcorner.com

তারতম্য ততই কম হয়। এ কারণেই জেননের ইলেকট্রনসমূহ সহজেই বিভিন্ন অরবিটালে স্থানান্তরিত করা যায়। স্বভাবতই জেনন অপেক্ষা ক্রিপ্টনের উদ্দীপিত অবস্থা সৃষ্টি অধিকতর কঠিন কারণ Kr এর সর্বশেষ শক্তিস্তর হল $4s^2 4p^6$ এবং ক্রিপ্টন অপেক্ষা আর্গনে আরও কঠিন হবে কারণ Ar এর সর্বশেষ শক্তিস্তর হল $3s^2 3p^6$ অর্থাৎ Ar ও Kr এর সর্বশেষ শক্তিস্তর Xe এর তুলনায় নিউক্লিয়াসের অধিকতর নিকটে। ফলে ক্রিপ্টনের যৌগসমূহের স্থিতি জেননের যৌগসমূহ অপেক্ষা কম; আর্গনের যৌগসমূহের স্থিতি আরও অনেক কম। নিয়নের ও হিলিয়ামের ক্ষেত্রে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান পরিবর্তন ছাড়া ইলেকট্রনকে উত্তোলিত করা সম্ভবপর নয়; ফলে তাদের ক্ষেত্রে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন। তাই তাদের কোন স্থিত যৌগ নেই।

জেনন ও অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনকে উচ্চতর স্তরে আনা তখনই সম্ভব, যখন অতি উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলসমূহ এর সাথে সংযুক্ত হয়। এ কারণে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সাথে **শুধু ফ্লোরিন ও অক্সিজেন স্থিতিশীল যৌগ গঠন করে।**

**(ক) ফ্লোরাইড যৌগসমূহ ঃ**

**(১) জেনন ডাইফ্লোরাইড প্রস্তুতি ঃ** জেনন ও ফ্লোরিনের সরাসরি বিক্রিয়ার মাধ্যমে $XeF_2$ তৈরি করতে হলে এটি আরও ফ্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে $XeF_4$ তৈরি করার পূর্বেই বিক্রিয়া স্থান থেকে একে অপসারণ প্রয়োজন। সাধারণত জেনন ও ফ্লোরিনের মিশ্রণকে 400°C তাপমাত্রায় একটি নিকেল টিউবের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয় এবং তারপরই 50°C তাপমাত্রায় একটি U টিউবের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয়, যেখানে সৃষ্ট $XeF_2$ জমাট বাঁধে।

$$Xe(g) + F_2(g) \xrightarrow[Ni]{400°C} XeF_2(s) \text{ (জেনন ডাইফ্লোরাইড)}$$

**ধর্ম ঃ** (১) $XeF_2$ সাধারণ তাপমাত্রায় একটি **বর্ণহীন দানাদার কঠিন পদার্থ।** গলনাঙ্ক 140°C। এ যৌগের গঠন রৈখিক (F – Xe – F)। এ যৌগটি পানির সাথে বিক্রিয়া করে বিয়োজিত হয় ঃ

$$XeF_2(s) + H_2O(\ell) \longrightarrow Xe(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + 2HF(g)$$

**(২) জেনন টেট্রাফ্লোরাইড প্রস্তুতি ঃ** জেননের যৌগসমূহের মধ্যে $XeF_4$ তৈরি সবচেয়ে সহজ। ১ ঃ ৫ অনুপাতে জেনন ও ফ্লোরিন-এর সংমিশ্রণকে 6 atm চাপে 400°C তাপমাত্রায় নিকেল টিউবে উত্তপ্ত করলে জেনন টেট্রাফ্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$Xe(g) + 2F_2(g) \xrightarrow[6\ atm.Ni]{400°C} XeF_4(s)$$

**ধর্ম ঃ** এ যৌগটিও সাধারণ তাপমাত্রায় **বর্ণহীন কঠিন দানাদার পদার্থ।** এর গলনাঙ্ক 114°C। এ যৌগের অণুর গঠন বর্গাকার; পানির সাথে বিক্রিয়ায় এ যৌগটি জেনন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$3XeF_4(s) + 6H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 2Xe(g) + \frac{3}{2}O_2(g) + 12HF(g)$$

**(৩) জেনন হেক্সাফ্লোরাইড প্রস্তুতি ঃ** ফ্লোরিন ও জেননের ২০ ঃ ১ অনুপাতের মিশ্রণকে 50–60 atm চাপে ও 250 –300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল টিউবে উত্তপ্ত করলে প্রায় 95% পরিমাণ জেনন হেক্সাফ্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অধিকতর তাপ ও চাপ প্রয়োগে উৎপাদনের হার বাড়ে ঃ

$$Xe(g) + 3F_2(g) \xrightarrow[60\ atm.Ni]{300°C} XeF_6(s)$$

**ধর্ম ঃ** এ যৌগটি 43°C তাপমাত্রা পর্যন্ত একটি **বর্ণহীন কঠিন দানাদার পদার্থ।** এ তাপমাত্রায় এটি হলুদ বর্ণ ধারণ করে এবং 47.7°C তাপমাত্রায় একটি হলুদ তরলে পরিণত হয়। এর বাষ্পও হলুদ। এটি সাধারণভাবে স্থিতিশীল, তবে এটি পানি ও সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে ঃ

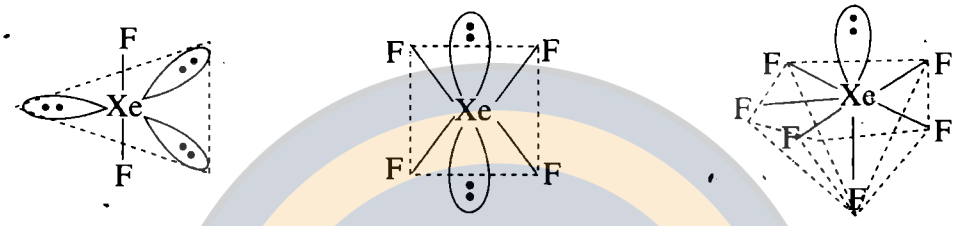
$$XeF_6(s) + 3H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 6HF(g)$$

$$2\,XeF_6(s) + SiO_2(s) \longrightarrow 2\,XeOF_4 + SiF_4$$

http://pdfcorner.com

**(খ) জেনন ফ্লোরাইডসমূহের আণবিক গঠন ঃ**

জেনন ও ফ্লোরিন এর বিক্রিয়ায় তিনটি সুস্থিত ফ্লোরাইড গঠন করে; যেমন, জেনন ডাইফ্লোরাইড $XeF_2$, জেনন টেট্রাফ্লোরাইড $XeF_4$ ও জেনন হেক্সাফ্লোরাইড $XeF_6$। তাদের মধ্যে **$XeF_2$–এর আণবিক গঠন সরলরৈখিক,** $XeF_4$ এর **আণবিক গঠন সমতলীয় বর্গাকার** এবং $XeF_6$ এর **আণবিক গঠন পঞ্চভূজীয় বা পঞ্চকোণাকার দ্বি–পিরামিড আকৃতি হয়।** এ সব যৌগে Xe-এর যোজনী যথাক্রমে 2, 4 ও 6 হয়। তাদের গঠন নিম্নরূপ ঃ চিত্র, ১৫.২।




চিত্র, ১৫.২ ঃ $XeF_2$, $XeF_4$ ও $XeF_6$ এর গাঠনিক সংকেত

সাধারণ অবস্থায় Xe-এর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ

$$Xe(54) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p_x^2 5p_y^2 5p_z^2$$

**$XeF_2$ গঠনকালে Xe-এর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** Xe-এর যোজ্যতা স্তর $5s^2 5p_x^2 5p_y^2 5p_z^2$ এর 5p অরবিটাল থেকে একটি যুগল ভেঙে একটি ইলেকট্রন খালি 5d অরবিটালে উত্তোলিত হলে Xe-এর প্রথম উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয় ..... $5s^2 5p_x^2 5p_y^2 \boxed{5p_z^1 5d_{xy}^1}$ যাতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তখন $sp^3d$ সংকরণে সৃষ্ট পাঁচটি সংকর অরবিটালের মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত দুটি সংকর অরবিটাল দ্বারা Xe দুটি F পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন দ্বারা জেনন ডাইফ্লোরাইড ($XeF_2$) গঠন করে। এ গঠনে Xe পরমাণুর চারদিকে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল ও তিনটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে। তখন ত্রিভুজাকার দ্বি–পিরামিড গঠনের তিনটি কোণায় তিনটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অবস্থান নেয় এবং দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল দ্বারা দুটি F পরমাণু কেন্দ্রীয় Xe পরমাণুর সাথে সরল লৈখিকভাবে আবদ্ধ থাকে। তাই $XeF_2$ এর গঠন **সরলরৈখিক** হয়। (চিত্র, ১৫.২ (ক)।

**$XeF_4$ গঠনকালে Xe এর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** Xe এর যোজ্যতা স্তরের 5p অরবিটালের দুটি যুগল ভেঙে দুটি ইলেকট্রন খালি 5d অরবিটালে উত্তোলিত হলে Xe এর ২য় উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয় ..... $5s^2 5p_x^2 \boxed{5p_y^1 5p_z^1 \quad 5d_{xy}^1 5d_{yz}^1}$ যাতে চারটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তখন $sp^3d^2$ সংকরণে সৃষ্ট ছয়টি সংকর অরবিটালের মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত চারটি সংকর অরবিটাল দ্বারা Xe চারটি F এর সাথে সমযোজী বন্ধন দ্বারা জেনন টেট্রাফ্লোরাইড ($XeF_4$) গঠন করে। এ গঠনে Xe পরমাণুর চারদিকে চারটি F পরমাণু চারটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল দ্বারা বর্গাকার চতুর্ভুজের চারটি কোণায় আবদ্ধ থাকে এবং দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অষ্টতলকীয়ভাবে ঐ বর্গক্ষেত্রের সমতলের উপর ও নিচের দিকে অবস্থান নেয়। তাই $XeF_4$ এর গঠন **সমতলীয় বর্গাকার** হয়। (চিত্র, ১৫.২ (খ)।

http://pdfcorner.com

**$XeF_6$ গঠনকালে Xe এর ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** Xe এর যোজ্যতা স্তরের 5p অরবিটালের তিনটি যুগল ভেঙে তিনটি ইলেকট্রন খালি পরবর্তী 5d অরবিটালে উত্তোলিত হলে তখন Xe এর ৩য় উদ্দীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয় ..... $5s^2 \boxed{5p_x^1 5p_y^1 5p_z^1 \ 5d_{xy}^1 5d_{y_z}^1 5d_{zx}^1}$ যাতে ছয়টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তখন Xe পরমাণু $sp^3d^3$ সংকরণে সৃষ্ট সাতটি সংকর অরবিটালের মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত ছয়টি সংকর অরবিটাল দ্বারা ছয়টি F পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন দ্বারা জেনন হেক্সাফ্লোরাইড ($XeF_6$) গঠন করে। তখন ছয়টি F পরমাণু সহযোগে Xe পরমাণু পঞ্চ–কোণাকার দ্বি–পিরামিড গঠন সৃষ্টি করে। দ্বি–পিরামিডের উপর বা নিচের একটি কোণায় একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে এবং অপর ছয় কোণায় ছয়টি F পরমাণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগল দ্বারা আবদ্ধ থাকে। তাই $XeF_6$ এর গঠন পঞ্চ–কোণাকার বা পঞ্চভূজীয় দ্বি–পিরামিডীয় হয়।

**(গ) জেনন অক্সিফ্লোরাইড ঃ প্রস্তুতি ঃ** জেননের অক্সিফ্লোরাইড $XeOF_4$ তৈরি করা সম্ভব হয়েছে। জেনন হেক্সাফ্লোরাইডের আংশিক পানি বিশ্লেষণের মাধ্যমে এবং সিলিকার সাথে $XeF_6$ এর বিক্রিয়ায়ও এটি তৈরি করা যায়।

$$XeF_6(s) + H_2O(\ell) \longrightarrow XeOF_4(s) + 2HF(g)$$

$$SiO_2(s) + 2XeF_6(s) \longrightarrow 2XeOF_4(s) + SiF_4(g)$$

**ধর্ম ঃ** এটি বর্ণহীন তরল পদার্থ; গলনাঙ্ক -28°C। মোটামুটি স্থিতিশীল যৌগ, তবে পানির সাথে এটি বিক্রিয়া করে ঃ

$$XeOF_4(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 4HF(g)$$

এ যৌগের গঠন বর্গীয় পিরামিডের ন্যায়। বর্গক্ষেত্রের চতুষ্কোণে চারটি ফ্লোরিন পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে জেনন পরমাণু এবং এর উপরে অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান; যেন O – Xe রেখা বর্গক্ষেত্রের উপর লম্ব হয়।

**(ঘ) অক্সাইডসমূহ ঃ প্রস্তুতি ঃ** জেননের দুটি অক্সাইড তৈরি করা হয়েছে; যেমন $XeO_3$, $XeO_4$। জেনন টেট্রাফ্লোরাইড, হেক্সাফ্লোরাইড ও অক্সিফ্লোরাইডের জলীয় বিশ্লেষণে জেনন ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$3XeF_4(s) + 6H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 2Xe + \tfrac{3}{2}O_2 + 12HF(g)$$

$$XeF_6(s) + 3H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 6HF(g)$$

$$XeOF_4(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow XeO_3(s) + 4HF(g)$$

**ধর্ম ঃ** $XeO_3$ যৌগটি সাধারণ তাপমাত্রায় বর্ণহীন দানাদার, যা শক্তিশালী বিস্ফোরক। এটি জলীয় দ্রবণে স্থিতিশীল। শক্তিশালী ক্ষারের উপস্থিতিতে এটি জেনেট লবণ তৈরি করে। $XeO_3$ অণুর গঠন ত্রিকোণাকার পিরামিডের ন্যায়।

সোডিয়াম পারজেনেটের সাথে গাঢ় সালফিউরিক এসিডের বিক্রিয়ায় জেনন টেট্রাঅক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$Na_4XeO_6 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2Na_2SO_4 + 2H_2O + XeO_4$$

এ যৌগটি অত্যন্ত অস্থিতিশীল। 80°C তাপমাত্রায় এটি বিস্ফোরণসহ বিযোজিত হয়। এ যৌগটির অণুর গঠন চতুস্তলকীয়।

http://pdfcorner.com

## ১৫·৯। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ব্যবহার
**Uses of Inert Gases**

**(ক) হিলিয়ামের ব্যবহার ঃ**

(১) হিলিয়াম খুবই হাল্কা এবং অদাহ্য হওয়ায় বেলুনে ও উড়োজাহাজে ব্যবহৃত হয়। একমাত্র হাইড্রোজেন গ্যাস হিলিয়াম অপেক্ষা হাল্কা। $H_2$ গ্যাসের তুলনায় He গ্যাসের উত্তোলন ক্ষমতা প্রায় 92%। হাইড্রোজেনের দাহ্যতার কারণে তা বিপজ্জনক হওয়ায় বর্তমানে একমাত্র হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(২) অলিম্পিক সাইক্লিস্ট প্রতিযোগীরা তাদের সাইকেলের টায়ার বাতাসের পরিবর্তে হাল্কা ও অদাহ্য হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করে।

(৩) হাপানী রোগীর শ্বাসকাজে সহায়তার জন্য এবং গভীর পানির ডুবুরিগণ এবং অধিক চাপে কর্মরত ব্যক্তিগণ 80% হিলিয়াম ও অক্সিজেনের 20% মিশ্রণের সাহায্যে শ্বাস–প্রশ্বাস গ্রহণ করেন।

[বায়ু দ্বারা শ্বাস–প্রশ্বাস গ্রহণ করলে অক্সিজেন ছাড়াও নাইট্রোজেন মোটামুটি বেশ পরিমাণে রক্তে দ্রবীভূত হয়। সমুদ্রতল থেকে ডুবুরি পানির উপর ওঠার পর চাপ কমে যাওয়ায় শিরার ভেতরেই রক্ত থেকে নাইট্রোজেন গ্যাস পুনরায় বুদবুদ আকারে বের হতে থাকে; তখন ডুবুরির ভীষণ কষ্ট হয়। রক্তে হিলিয়ামের দ্রবণীয়তা অনেক কম হওয়ায় অক্সিজেনযুক্ত হিলিয়াম দ্বারা শ্বাস–প্রশ্বাস নিলে এ ধরনের অসুবিধা হয় না।]

(৪) ধাতু সংকরের গলন ও জোড়া লাগানোর সময় হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা নিষ্ক্রিয় পরিবেশ সৃষ্টি করা হয়।

(৫) নিম্ন তাপমাত্রায় গবেষণাকার্যে তরল হিলিয়াম ব্যবহার করা হয়। যেমন– তরল হিলিয়াম NMR মেশিন শীতলকরণে ব্যবহৃত হয়। (NMR = Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy), হিলিয়ামের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক (m, p = 4.1K) সর্বনিম্ন এবং পরমশূন্য তাপমাত্রার খুবই নিকটে।

**(খ) নিয়নের ব্যবহার ঃ**

(১) প্রধানত আলোক সজ্জার জন্য নিয়ন গ্যাস ইলেকট্রিক বাল্‌বে ব্যবহৃত হয়।

(২) নিয়ন আলো কুয়াশার মধ্যেও দৃশ্যমান, এজন্য বিমানের পাইলটগণ আলোক সংকেতরূপে নিয়ন বাল্‌ব আলো ব্যবহার করেন।

(৩) নিয়নপূর্ণ বাল্‌ব টিউব উজ্জ্বল লাল আলো দেয়। অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস অথবা মারকারি মিশ্রিত করে সবুজ বা নীল বর্ণের বিকিরণকারী মোক্ষণ নল তৈরি করা হয়।

(৪) ভোল্টামিটার ও রেকটিফায়ার বৈদ্যুতিক যন্ত্রে রক্ষাকবচ হিসেবে হিলিয়াম–নিয়ন মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

**(গ) আর্গনের ব্যবহার ঃ**

(১) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে বায়ুতে আর্গনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশি। তাই সবচেয়ে সস্তা বৈদ্যুতিক বাল্‌বে উচ্চ তাপে টাংস্টেন তারটি যেন জারিত হয়ে কেটে না যায় তার জন্য নিষ্ক্রিয় আর্গন ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন থেকে আর্গন অনেক বেশি নিষ্ক্রিয় এবং এর বিদ্যুৎ পরিবহন ক্ষমতাও কম। এ কারণে বৈদ্যুতিক বাল্‌বে নাইট্রোজেনের পরিবর্তে আর্গন ব্যবহার করা হয়।

(২) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় পরিবেশ তৈরির জন্য আর্গন বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বাংলাদেশে আর্গন সহজলভ্য না হওয়ায় গবেষণাগারসমূহে নিষ্ক্রিয় পরিবেশ তৈরিতে সাধারণত নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়; কিন্তু উন্নত দেশসমূহে এক্ষেত্রে আর্গন ব্যবহৃত হয়।

(৩) বিভিন্ন তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপক যন্ত্র, বিশেষত গাইগার মূলার কাউন্টারে আর্গন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

**(ঘ) ক্রিপটন ও জেনন – এর ব্যবহার ঃ**

(১) প্রকৃতপক্ষে বৈদ্যুতিক গ্যাস বাল্‌বে ক্রিপ্‌টন ও জেননের ব্যবহার আর্গন অপেক্ষাও ভাল।

(২) বিভিন্ন তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপক যন্ত্রেও তাদের ব্যবহার অধিকতর হয়ে থাকে।

(৩) ফটো তৈরির জন্য ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বাল্ব তৈরিতে ক্রিপ্‌টন–জেননের মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

**(ঙ) রেডনের ব্যবহার ঃ**

রেডন গ্যাস অত্যন্ত তেজস্ক্রিয়। এ কারণে সাধারণ ক্ষেত্রে এর ব্যবহার নেই। তবে তেজস্ক্রিয় গবেষণায় এবং ক্যান্সার কোষ ধ্বংস করার কাজে রেডন ব্যবহৃত হয়।

http://pdfcorner.com

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ ঃ** হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপটন, জেনন ও রেডনকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বা noble gas বলে। এরা কক্ষ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় এবং রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। পর্যায় সারণিতে প্রতিটি পর্যায়ের শেষ মৌল হল একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক সুস্থিত। এ বিন্যাসে কোন ধরনের পরিবর্তনে অনেক শক্তির প্রয়োজন হয় বলে এরা সহজে কোন যৌগ গঠন করে না।

✪ **নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উৎস ঃ** বায়ুমণ্ডলে ক্ষুদ্র পরিমাণে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ বিদ্যমান। তা থেকে এদেরকে আহরণ করা হয়। রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার মাধ্যমে রেডন গ্যাস সৃষ্টি হয়।

✪ **নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যৌগসমূহ ঃ** নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় হলেও অষ্টক সম্প্রসারণের মাধ্যমে অর্থাৎ সর্বশেষ স্তরের s ও p অরবিটাল থেকে d অরবিটালে ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে অযুগ্ম ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করতে পারে। তবে He ও Ne এর ক্ষেত্রে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব নয়; আর্গনের ক্ষেত্রেও অষ্টক সম্প্রসারণে প্রচুর শক্তি প্রয়োজন হয়। তাই এদের কোন সুস্থিত যৌগ নেই। জেনন অণুর আকার বড় বলে এর সর্বশেষ স্তরের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ কম, এছাড়া উচ্চতর স্তরসমূহের শক্তির পার্থক্য কম। তাই জেননের সাথে তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ফ্লোরিন ও অক্সিজেনের যৌগ সংশ্লেষণ করা সম্ভব হয়েছে।

## অনুশীলনী–১৫ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ কী? এদের অভিজাত গ্যাস বলা হয় কেন? এদের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।

২। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের উৎস কী কী?

৩। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ কর্তৃক সন্নিবেশ যৌগ গঠন উদাহরণসহ বর্ণনা কর।

৪। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ কী? নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; রা. বো. ২০১০]

৫। রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার গুরুত্ব আলোচনা কর।

৬। (ক) "নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে প্রধানত জেননের পক্ষে সমযোজী যৌগ গঠন সহজতর।" ব্যাখ্যা কর।

(খ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে জেনন ও ফ্লোরিনের যৌগের অস্তিত্ব আছে; কিন্তু (i) আর্গন ও ফ্লোরিন এবং (ii) জেনন ও ব্রোমিনের যৌগের অস্তিত্ব নেই কেন?

(গ) আর্গন অপেক্ষা জেনন ফ্লোরিনের সাথে বেশি যৌগ গঠন করে কেন? [ কু. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৯ ]

### খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। "নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের অণু এক-পরমাণুক কেন?" ব্যাখ্যা কর। [ কু. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯; য. বো. ২০০৮ ]

২। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যোজনী শূন্য; এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; কু. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১ ]

৩। জেননের (Xe এর ) উত্তেজিত অবস্থায় এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।

৪। ক্যাথরেট যৌগ কী? উদাহরণ দাও। [ ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; দি. বো. ২০১১ ]



http://pdfcorner.com

৫। জেননের সাথে শুধু ফ্লোরিন ও অক্সিজেন স্থিতিশীল যৌগ গঠন করে থাকে কেন তা ব্যাখ্যা কর।

৬। (ক) $XeF_2$, $XeF_4$ ও $XeF_6$ অণুর আণবিক গঠন কীরূপ, তা অঙ্কন করে দেখাও।
[কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৭, ২০১০; সি. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭, ২০১১; য. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]

(খ) Xe এর ফ্লোরাইড গঠনকালে Xe এর ইলেকট্রন বিন্যাস ও উৎপন্ন $XeF_2$, $XeF_4$ ও $XeF_6$ অণুর গঠন কীরূপ তা অঙ্কন কর।

৭। হিলিয়ামের দুটি ব্যবহার লেখ। [চ. বো. ২০০৮; বি. বো. ২০০৯]

৮। নিয়নের দুটি ব্যবহার উল্লেখ কর। [কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০১১; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৬, ২০১০; দি. বো. ২০০৯]

৯। আর্গনের তিনটি ব্যবহার উল্লেখ কর। [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১০]

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। উনিশ শতকের শেষ দিকে (1868–1898) বায়ু থেকে কতগুলো এক–পরমাণুক মৌলিক গ্যাস পৃথক করা হয়। এরা অন্য কোন মৌলের সাথে বিক্রিয়া করে না বলে এদেরকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বলা হয়। পরে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ও এদের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার তুলনা করে বিজ্ঞানী কোসেল ও লুইস রাসায়নিক বন্ধন তত্ত্ব উপস্থাপন করেন। প্রায় ৬৫ বছর পর জেননের কয়েকটি যৌগ তৈরি করা সম্ভব হয় এবং এর ব্যাখ্যা মিলে পলিং প্রদত্ত অরবিটাল সংকরণ তত্ত্বে। তাই এদেরকে অভিজাত গ্যাসও বলা হচ্ছে।

(ক) নিষ্ক্রিয় গ্যাস কী? পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান কোথায়? ১

(খ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নিষ্ক্রিয়তার কারণ সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, Xe এর ফ্লোরাইড গঠনকালে Xe এর ইলেকট্রন বিন্যাসের পরিবর্তন, অরবিটাল সংকরণসহ উৎপন্ন $XeF_2$, $XeF_4$ ও $XeF_6$ অণুর গঠন কীরূপ হয় তা অঙ্কন কর। ৪

২। নিচের সারণির মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা, ১ম আয়নীকরণ বিভব মান লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

| মৌল সমূহ ঃ | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| পাঃ সংখ্যা ঃ | 2 | 10 | 18 | 36 | 54 |
| ১ম আয়নীকরণ বিভব ($kJmol^{-1}$) | 2372 | 2080 | 1521 | 1351 | 1117 |

(ক) $sp^2$ অরবিটাল সংকরণ কী? ১

(খ) উদ্দীপক মতে, মৌলের আয়নীকরণ বলতে কী বুঝ? প্রদত্ত পারমাণবিক সংখ্যা ও আয়নীকরণ বিভব মান থেকে মৌলগুলোর প্রতীক ও এদের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২

(গ) উদ্দীপকের মৌলগুলোর পরমাণুর বহিঃস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস মতে এদের রাসায়নিক সক্রিয়তা কীরূপ হবে? পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এদের সক্রিয়তার কীরূপে পরিবর্তন ঘটে তা উদাহরণসহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে প্রদত্ত পারমাণবিক সংখ্যা মতে, (i) এ সব মৌলের আগে ও পরের মৌলগুলোর বৈশিষ্ট্য বিবেচনায় পর্যায় সারণিতে ঐ মৌলগুলোর অবস্থানের যথার্থতা মূল্যায়ন কর। (ii) সৌর আবরণ গ্যাসে থাকা উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট গ্যাসের দুটি ব্যবহার লেখ। ৪

### খ–বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

**খ–১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক**

১। ক্যাথরেট যৌগ কোন্ শ্রেণীর যৌগ?

(ক) সমযোজী (খ) অবরুদ্ধ যৌগ (গ) সন্নিবেশ যৌগ

(ঘ) H-বন্ধনযুক্ত যৌগের কেলাসজালিতে আবদ্ধ Ar, Kr ও Xe এর বিশেষ যৌগ

http://pdfcorner.com

২। Xe এর সত্যিকার সমযোজী যৌগগুলোর আণবিক গঠনের মধ্যে সঠিক নয় কোনটি?
(ক) $XeF_2$ সরল রৈখিক (খ) $XeF_4$ সমতলীয় বর্গাকার গ) পিরামিডীয় (ঘ) $XeO_3$ত্রিকোণাকার পিরামিড

৩। নিচের কোন্ উক্তিসমূহ সঠিক নয়?
(ক) হিলিয়াম হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা হালকা
(খ) $H_2$ গ্যাসের তুলনায় He গ্যাসের বেলুন উত্তোলন ক্ষমতা প্রায় 92%
(গ) $H_2$ গ্যাসের তুলনায় রক্তে He এর দ্রবণীয়তা কম (ঘ) $XeF_2$ সমযোজী যৌগ

৪। নিচের কোন উক্তি নিয়নের জন্য সঠিক নয়?
(ক) নিয়ন আলোক সজ্জার জন্য ইলেকট্রিক বাল্বে ব্যবহৃত হয়।
(খ) কুয়াশার মধ্যে বিমানের পাইলট আলোক সংকেতরূপে নিয়ন–বাল্ব আলো ব্যবহার করে।
(গ) বায়ুতে নিয়ন গ্যাসের পরিমাণ $N_2$ গ্যাসের চেয়ে বেশি।
(ঘ) নিয়ন নিষ্ক্রিয় গ্যাস।

৫। বায়ুতে আয়তন হিসেবে শতকরা কতভাগ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ আছে?
(ক) 0.1% (খ) 2% (গ) 0.934% (ঘ) 2.593%

৬। বায়ুতে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি সবচেয়ে বেশি আছে?
(ক) হিলিয়াম (খ) নিয়ন (গ) আর্গন (ঘ) ক্রিপটন

৭। সৌর আবরণ গ্যাসে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি রয়েছে?
(ক) হিলিয়াম (খ) নিয়ন (গ) আর্গন (ঘ) জেনন

৮। বোর্ন ল্যান্সি নামক ঝর্ণার খনিজ পানিতে কোন নিস্ক্রিয় গ্যাস কী পরিমাণে পাওয়া যায়?
(ক) 1% He (খ) 1.84%He (গ) 2-7%He (ঘ) 0.93%Ar

৯। কানাডায় প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস আহরণের কারখানায় আহরিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিমাণ হল –
(ক) 2% হিলিয়াম (খ) 1% হিলিয়াম (গ) 2-7% হিলিয়াম (ঘ) 3 % আর্গন

১০। প্রায় 2.26 atm সন্ধিচাপে কত তাপমাত্রায় হিলিয়াম তরলীভূত হয়?
(ক) 100K (খ) 51.9K (গ) 5.19K (ঘ) 4.22 K

১১। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (He বাদে) নিষ্ক্রিয়তার অন্যতম কারণ তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস। যেমন,
(ক) $ns^2\ np^4$ (খ) $ns^2np^6$ (গ) $(n-1)\ d^{10}ns^2\ np^6$ (ঘ) $(n-1)\ d^0ns^2$

১২। ক্যান্সার রোগের রেডিও থেরাপিতে ব্যবহৃত হয় কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস?
(ক) আর্গন (খ) ক্রিপটন (গ) রেডন (ঘ) জেনন

১৩। কোন্‌টি কুইনলের সাথে ক্যাথরেট যৌগ গঠন করে?
(ক) Ne (খ) Kr (গ) Rn (ঘ) Ar

১৪। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মধ্যে কোন ধরনের আকর্ষণ বল বিদ্যমান?
(ক) আন্তঃ আণবিক বল, (খ) ভ্যানডার ওয়ালস্ বল (গ) স্থৈতিক বল (ঘ) আন্তঃপারমাণবিক বল

১৫। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নিষ্ক্রিয়তার অন্যতম কারণ কোন্‌টি?
(ক) উচ্চ আয়নীকরণ বিভব, (খ) ছোট আকার (গ) নিম্ন গলনাঙ্ক (ঘ) নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। খ, ২। গ, ৩। ক, ৪। গ, ৫। গ, ৬। গ, ৭। ক, ৮। খ, ৯। গ, ১০। গ, ১১। খ, ১২। গ, ১৩। ঘ, ১৪। খ, ১৫। ক,

## খ– ২ MCQ : বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ

১। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নিষ্ক্রিয়তার কারণগুলো হল নিম্নরূপ ঃ
(i) স্থিতিশীল দ্বিত্ব বা অষ্টক পূর্ণ ইলেকট্রন বিন্যাস, (ii) উচ্চ আয়নীকরণ বিভব,
(iii) সমযোজী যৌগ গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় অযুগ্ম ইলেকট্রনের অভাব,
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

২। জেনন ফ্লোরাইড সমূহের গঠন আকৃতি লক্ষ কর :
(i) $XeF_2$ সরলরৈখিক, (ii) $XeF_4$ সমতলীয় বর্গাকার, (iii) $XeF_6$ পঞ্চকোণাকার
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৩। Ne, Ar, Kr এ তিনটি নিষ্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য বৈশিষ্ট্য হল ঃ
(i) এদের সুস্থিত $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস আছে, (ii) উত্তপ্ত অবস্থায় সমযোজী ফ্লোরাইড গঠন করে, (iii) পর্যায়-সারণিতে শূন্য গ্রুপে আছে,
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৪। নিষ্ক্রিয় গ্যাস সমূহের বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল –
(i) আপেক্ষিক তাপ $C_p/C_V$ 1.65 - 1.69; (ii) আয়নীকরণ বিভব 237kJ – 1037 kJ $mol^{-1}$, (iii) এক পরমাণুক স্থিতিশীল গ্যাস,
কোন্‌টি সঠিক হবে–
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৫। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ব্যবহারের তথ্যগুলো লক্ষ্য কর ঃ
(i) ক্যান্সারের রেডিও থেরাপিতে রেডন ব্যবহৃত হয়, (ii) ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বালব তৈরিতে ক্রিপটন–জেনন ব্যবহৃত হয়, (iii) ভোল্টামিটার ও রেকটিফায়ার বৈদ্যুতিক যন্ত্রে হিলিয়াম–নিয়ন ব্যবহৃত হয়,
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। ক, ৩। খ, ৪। ক, ৫। ঘ,

**খ–৩ MCQ : অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Situation Set MCQ)**

১। $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাস যুক্ত মৌল $_{18}X$, $_{36}Y$, $_{54}Z$ সাধারণ কক্ষতাপমাত্রায় রাসায়নিকভাবে সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়। তবে বিশেষ কিছু শর্তে অল্প সংখ্যক অক্সাইড ও ফ্লোরাইড যৌগ গঠন করতে সক্ষম। এ তথ্যভিত্তিক নিচের (১) নং ও ২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।
(১) উচ্চতাপমাত্রায় অধিক চাপে Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে এদের সাথে $F_2$ এর বিক্রিয়ার সক্রিয়তার ক্রম হবেঃ (ক) X > Y> Z, (খ) Z > Y > X, (গ) Y > X > Z, (ঘ) X > Z> Y
(২) উদ্দীপকের Z মৌল ও $F_2$ সহযোগে গঠিত যৌগ $ZF_2$, $ZF_4$ ও $ZF_6$ এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য তথ্য হল –
(i) যৌগগুলো পানিসহ বিক্রিয়া করে, (ii) যৌগ গঠনের কালে Z মৌলের খালি 5d অরবিটালে ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে, (iii) বর্ণহীন দানাদার কেলাস,
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i) (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপটন ও জেনন গ্যাস রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় হলেও ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এদের অনেক গুরুত্ব রয়েছে। চিকিৎসাক্ষেত্রে ও বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে এদের ব্যবহার আছে। এ তথ্যভিত্তিক নিচের (৩) নং ও (৪) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।
(৩) কুয়াসার মধ্যেও ভালো দেখা যায় বলে বিমান ও জাহাজে আলোক সংকেত রূপে কোন আলোর বালব্ ব্যবহৃত হয়?
(ক) ক্রিপট্‌ন আলোর (খ) নিয়ন আলোর (গ) আর্গন আলোর (ঘ) জেনন আলোর
(৪) মানুষের রোগের চিকিৎসায় ও স্বাভাবিক শ্বাস–প্রশ্বাসে ব্যবহৃত নিষ্ক্রিয় গ্যাস হলঃ
(i) ক্যান্সার চিকিৎসায় রেডিও থেরাপিতে রেডন (ii) হাপানী রোগীর শ্বাস কাজে সহায়তার জন্য হিলিয়াম ও অক্সিজেনের মিশ্রণ (iii) গভীর পানির ডুবুরির সিলিন্ডারে 80% He ও 20% $O_2$ মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i) , (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ – ৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) ক, (২) গ, ২। (৩) খ, (৪), গ

http://pdfcorner.com

# ১৬ গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের রসায়ন
## CHEMISTRY OF GROUP-IA AND GROUP-IIA ELEMENTS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- s-ব্লক মৌলসমূহ ও তাদের উৎস;
- ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রেক্ষিতে s-ব্লক মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ঃ আয়নীকরণ শক্তি, $H_2$, $O_2$, $Cl_2$ ও পানির সাথে তাদের বিক্রিয়া;
- পানির সাথে s-ব্লক মৌলের অক্সাইডসমূহের বিক্রিয়া, জারণ সংখ্যা;
- যৌগসমূহের দ্রাব্যতা প্রবণতা; তাপসহতা ও যৌগসমূহের শিখার বর্ণ;
- সোডিয়াম, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরেট (I)-এর শিল্প উৎপাদন ও ব্যবহার।

## ১৬·১। ভূমিকা
### Introduction

পর্যায় সারণির প্রতিটি পর্যায় আরম্ভ হয় **ক্ষারধাতু** দিয়ে (প্রথম পর্যায়ে হাইড্রোজেন), যাদের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $ns^1$। এর পরবর্তী মৌলসমূহ হচ্ছে **মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ,** যাদের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $ns^2$। তাই তাদেরকে অর্থাৎ **ক্ষারধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহকে** একত্রে **s-ব্লক মৌল বলা হয়।** এ পুস্তকে ব্যবহৃত পর্যায় সারণি অনুযায়ী তারা হচ্ছে যথাক্রমে গ্রুপ- IA ও গ্রুপ- IIA এর মৌলসমূহ।

**s-ব্লক মৌল ঃ** পর্যায় সারণির গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের পরমাণুর সর্বশেষ ইলেকট্রনটি শক্তিক্রম অনুসারে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের s অরবিটালে থাকে বলে এ সব মৌলকে একত্রে s-ব্লক মৌল বলে। যেমন, গ্রুপ-IA এর Li, Na, গ্রুপ-IIA এর Be, Mg ইত্যাদি। যেমন–

$Li\ (3) \rightarrow 1s^2\boxed{2s^1}$ $\qquad$ $Be(4) \rightarrow 1s^2\boxed{2s^2}$

$Na(11) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6\boxed{3s^1}$ $\qquad$ $Mg(12) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6\boxed{3s^2}$

**ক্ষার ধাতু (alkali metals) ঃ** গ্রুপ-IA এর ধাতব মৌলসমূহ (যেমন Li, Na, K, Rb, Cs) অত্যন্ত সক্রিয়। তাই এসব মৌল পানির সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া করে তীব্র ক্ষার গঠন করে। এজন্য তাদেরকে ক্ষার ধাতু বলে। যেমন, Na ধাতু পানির সাথে বিক্রিয়া করে তীব্র ক্ষার NaOH উৎপন্ন করে। তাই Na হল একটি ক্ষার ধাতু।

$$\underset{\text{ক্ষারধাতু}}{2Na} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{ক্ষার}}{2NaOH} + H_2.$$

**ক্ষার ধাতুর বৈশিষ্ট্য ঃ** (১) ইলেকট্রন বিন্যাস মতে ক্ষার ধাতুর যোজ্যতা ইলেকট্রন হল $nS^1$, এদের যোজনী 1 এবং জারণ সংখ্যা 1 + হয়।

(২) ক্ষার ধাতুর পারমাণবিক আকার পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের মধ্যে সবচেয়ে বড় এবং গ্রুপভুক্ত মৌলের মধ্যে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়।

(৩) ক্ষার ধাতুসমূহ নরম ধাতু, এদের গলনাঙ্ক ধাতুসমূহের মধ্যে সবচেয়ে কম।

(৪) ক্ষার ধাতুর ১ম আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে কম; কিন্তু ২য় আয়নীকরণ বিভব নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের চেয়ে বেশি। তাই এদের জারণ সংখ্যা + 1 এ স্থির থাকে।

(৫) ক্ষার ধাতুর আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে কম হওয়ায় এরা খুবই সক্রিয়; এরা আয়নিক যৌগ গঠন করে। যেমন NaCl, $K_2O$ ইত্যাদি।

(৬) অতীব সক্রিয়তার কারণে ক্ষার ধাতু বায়ুর $O_2$ ও পানির সাথে বিক্রিয়া করে। তাই এদেরকে নিষ্ক্রিয় কেরোসিনের মধ্যে রাখা হয়।

**মৃৎক্ষার ধাতু (alkali earth-metals) ঃ** গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহ যৌগরূপে ভূ-ত্বকের মৃত্তিকার উপাদানরূপে (যেমন, Mg-2.35%, Ca-3.25% ) পাওয়া যায় এবং এসব ধাতু পানির সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্ষারক গঠন করে। এজন্য তাদেরকে মৃৎক্ষার বা মৃৎক্ষারীয় ধাতু বলে। যেমন, Ca ধাতুকে মৃৎক্ষার ধাতু বলে। কারণ Ca ধাতুর যৌগ যেমন ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও সিলিকেট হল মাটির অন্যতম উপাদান। Ca ধাতু পানির সাথে বিক্রিয়ায় $Ca(OH)_2$ ক্ষারক উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{মৃৎক্ষার ধাতু}}{Ca} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{ক্ষারক}}{Ca(OH)_2} + H_2.$$

http://pdfcorner.com

# গ্রুপ IA- এর মৌলসমূহ

## ১৬·২। গ্রুপ-IA-এর মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস

**Group-IA Elements and their Electronic Configuration**

পর্যায় সারণির গ্রুপ-IA তে (হাইড্রোজেনকে বাদ দিলে) লিথিয়াম (Lithium, Li), সোডিয়াম (Sodium, Na), পটাসিয়াম (Potassium, K), রুবিডিয়াম (Rubidium, Rb), সিজিয়াম (Caesium, Cs) ও ফ্রানসিয়াম (Francium. Fr) ধাতব মৌলসমূহ আছে। গ্রুপ-IA -এর মৌলসমূহের **ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ**

Li(3) = $Is^2$ $\mathbf{2s^1}$

Na(11) = $Is^2$ $2s^2$ $2p^6$ $\mathbf{3s^1}$

K (I9) = $Is^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $\mathbf{4s^1}$

Rb(37) = $Is^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$ $\mathbf{5s^1}$

Cs (55) = $Is^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$ $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^6$ $\mathbf{6s^1}$

Fr (87) = $Is^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$ $4d^{10}$ $4f^{14}$ $5s^2$ $5p^6$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^6$ $\mathbf{7s^1}$

অর্থাৎ ক্ষার ধাতুসমূহের **যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণভাবে $\mathbf{ns^1}$** এবং মৌলসমূহের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হল $(n-1)s^2(n-1)p^6\ ns^1$। সর্ববহিস্থ স্তরে একটি মাত্র ইলেকট্রন থাকায় এ সব মৌল একযোজী এবং জারণ অবস্থা + 1 হয়। অন্যান্য অভ্যন্তরীণ ইলেকট্রনসমূহ ক্ষার ধাতুর পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে ঘিরে রাখার কারণে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ খুব কম হয়। ফলে **এ সব মৌলের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি খুব কম** এবং ইলেকট্রনটি সহজেই বিচ্যুত হতে পারে। এ কারণে এ সব **ক্ষার ধাতু সর্বদাই একযোজী ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে।**

## ১৬·৩। ক্ষার ধাতুসমূহের ভৌত ধর্ম

**Physical Properties of Alkali Metals**

নিম্নে সারণি ১৬.১ এ গ্রুপ-IA এর ক্ষার ধাতুসমূহের কয়েকটি ভৌত ধর্ম দেখানো হল। এসব মৌলের ভৌত ধর্মের ক্রম পরিবর্তন ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়।

**সারণি ১৬.১ ঃ গ্রুপ-IA এর ধাতু বা ক্ষার ধাতুসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম।**

| ভৌত ধর্মাবলি (এককসহ) | | Li | Na | K | Rb | Cs |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ১। পারমাণবিক সংখ্যা (Z) | ঃ | 3 | 11 | 19 | 37 | 55 |
| ২। পারমাণবিক ভর (A) | ঃ | 6.939 | 22.98977 | 39.09 | 85.467 | 132.9054 |
| ৩। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) | ঃ | 0.123 | 0.157 | 0.203 | 0.216 | 0.235 |
| ৪। ধাতব ব্যাসার্ধ (nm) | ঃ | 0.152 | 0.186 | 0.227 | 0.248 | 0.263 |
| ৫। আয়নিক ব্যাসার্ধ (nm). $M^+$ | ঃ | 0.068 | 0.095 | 0.133 | 0.147 | 0.167 |
| ৬। আয়নীকরণ শক্তি IP ($kJmol^{-1}$) | ঃ | | | | | |
| প্রথম IP ($kJmol^{-1}$) | ঃ | 520 | 496 | 418 | 403 | 376 |
| দ্বিতীয় IP ($kJmol^{-1}$) | ঃ | 7298 | 4562 | 3051 | 2632 | 2420 |
| ৭। ঘনত্ব (20°c, g/mL) | ঃ | 0.534 | 0.972 | 0.859 | 1.53 | 1.903 |
| ৮। গলনাঙ্ক (°C) | ঃ | 180.5 | 97.8 | 63.7 | 38.98 | 28.59 |
| ৯। স্ফুটনাঙ্ক (°C) | ঃ | 1326 | 883 | 756 | 688 | 690 |
| ১০। তড়িৎ ঋণাত্মকতা (পলিং স্কেল) | | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |

http://pdfcorner.com

**১৬.১ নং সারণি থেকে ক্ষারধাতুর নিম্নোক্ত ভৌত বৈশিষ্ট্য সুস্পষ্ট হয় ঃ**

**(১) পরমাণু ও আয়নের আয়তন ঃ** পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ধাতুসমূহের ধাতব আয়তন ও আয়নিক আয়তন বাড়ে। কেননা, একই শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নতুন ইলেকট্রন স্তর যোগ হয়; ফলে পরমাণু এবং আয়নের আয়তনও বৃদ্ধি পায়।

**(২) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ ঃ** পর্যায়-সারণির যে কোন পর্যায়ে বাম হতে যতই ডানদিকে যাওয়া যায় মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ততই কমে। ক্ষার ধাতুসমূহ প্রত্যেক পর্যায়ের প্রথম মৌল হওয়ায় প্রত্যেক পর্যায়েই তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ সর্বাধিক। আবার গ্রুপভিত্তিক Li হতে Cs পর্যন্ত যতই নিচে যাওয়া যায় ততই মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বাড়তে থাকে। কারণ প্রত্যেক ক্ষেত্রেই পরমাণুতে একটি করে নতুন ইলেকট্রন শক্তিস্তর যুক্ত হয়। ফলে নিউক্লিয়াস ও বহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্ব বৃদ্ধি পায়।

আবার বহিস্থ যোজ্যতা স্তরের $ns^1$ ইলেকট্রন ত্যাগ করে গ্রুপ-IA ধাতুগুলো ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়। ফলে ইলেকট্রনের সংখ্যার চেয়ে ধনাত্মক আয়নে নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জের সংখ্যা বেড়ে যায়। তাই নিউক্লিয়াস দ্বারা বহিস্থ ইলেকট্রন অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে ধনাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়। এ কারণে ধনাত্মক আয়ন তার পরমাণুর চেয়ে আকারে ক্ষুদ্র হয়। আবার গ্রুপের উপর হতে নিচে Li হতে যতই Cs এর দিকে যাওয়া যায় ততই আয়নিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়।

**(৩) আয়নীকরণ শক্তি ঃ** এক মোল (mol) পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তর থেকে একটি করে এক মোল (mol) ইলেকট্রন অপসারিত করে একক ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে মৌলের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব বলে। ক্ষার ধাতুর যোজ্যতা স্তরে একটি মাত্র যোজ্যতা ইলেকট্রন থাকায় তা নিউক্লিয়াস দ্বারা দুর্বলভাবে আকৃষ্ট থাকে। এ ইলেকট্রনকে অপেক্ষাকৃত কম শক্তি দ্বারা সহজে অপসারণ করা সম্ভব। তাই **ক্ষার ধাতুসমূহের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি কম।** আকার বৃদ্ধি পাওয়ার কারণে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে কমতে থাকে। তাই Li এর আয়নীকরণ শক্তি 520 $kJmol^{-1}$ এবং Cs এর আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পেয়ে 376 $kJmol^{-1}$ হয়েছে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে তা আরও কমতে থাকে। অবশ্য একটি ইলেকট্রন ত্যাগের পর ক্ষার ধাতুসমূহের ধনাত্মক আয়নের আকার ছোট হয় এবং ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ হয়, যা খুবই সুস্থিত।

$$Na\ (11) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1; \quad Na^+\ (11) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6 \text{ (নিয়নের ন্যায়)}$$

এ কারণে **ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি অনেক বেশি।** প্রকৃতপক্ষে ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি, পার্শ্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষাও বেশি। কেননা, একই ধরনের ইলেকট্রন বিন্যাস হলেও ক্ষার ধাতুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা একটি বেশি; সুতরাং ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণও বেশি। দ্বিতীয়ত, ক্ষার ধাতুসমূহের প্রথম ইলেকট্রনের অপসারণের ফলে এটি ইতোমধ্যেই ধনাত্মক আয়নে রূপান্তরিত হয়েছে। সুতরাং এ থেকে আর একটি ইলেকট্রন অপসারণ স্বাভাবিকভাবে বাধাগ্রস্ত হবে। উদাহরণস্বরূপ নিয়নের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি 2080 kJ; অথচ একই ইলেকট্রন বিন্যাসসহ $Na^+$ থেকে ইলেকট্রন অপসারণে 4562 kJ শক্তি প্রয়োজন। ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি খুব বেশি হওয়ায় তারা কখনও দুই আধানবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন $M^{2+}$ তৈরি করে না।

**(৪) জারণ সংখ্যা ঃ** গ্রুপ-IA এর ক্ষার ধাতুসমূহ তাদের যোজ্যতা স্তরের একটি মাত্র $ns^1$ ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাদের নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে। ফলে ক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা সব সময় +1 হয়। কিন্তু একক ধনাত্মক আয়নসমূহের অধিকতর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস হতে দ্বিতীয় ইলেকট্রন অপসারণ করতে যে অধিক শক্তির প্রয়োজন হয় তা বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে পাওয়া যায় না। তাই তাদের + 2 জারণ অবস্থা সম্ভব হয় না। অর্থাৎ গ্রুপ-IA এর মৌলসমূহের অর্থাৎ **ক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা + 1 বা স্থির থাকে।**

http://pdfcorner.com

**(৫) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** [ তালিকা ১৬.১ দ্রষ্টব্য ] পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে ক্ষারধাতুসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ক্রমান্বয়ে হ্রাস পেতে থাকে দেখা যায়। এদের পরমাণুর বহিঃস্তরে একটিমাত্র $ns^1$ ইলেকট্রন সঞ্চরণশীল অবস্থায় থাকে। ফলে ধাতব বন্ধন দুর্বল হয়। পরমাণুর আয়তন বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের মধ্যকার আকর্ষণ কমে। তাই গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়। প্রকৃতপক্ষে ধাতুসমূহের মধ্যে ক্ষার ধাতুসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সবচেয়ে কম। **মারকারি ব্যতীত সিজিয়ামই একমাত্র ধাতু, যা সাধারণ তাপমাত্রায় তরল।** লিথিয়াম ব্যতীত অন্য সব ক্ষার ধাতুর গলনাঙ্ক 100°C তাপমাত্রার নিচে।

**(৬) বিশেষত্ব ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের একটি বিশেষত্ব হচ্ছে, এরা খুবই নরম। এদেরকে সহজেই ছুরি দিয়ে কাটা যায়। এতে বোঝা যায় যে, এ ধাতুসমূহের কেলাস আকৃতি বেশি মজবুত নয়। অর্থাৎ ক্ষার ধাতুসমূহের মধ্যে ধাতব বন্ধন খুবই দুর্বল। সাধারণত ধাতব বন্ধন শক্তি, $\alpha = \frac{\text{পরমাণুতে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন সংখ্যার চার্জ}}{\text{ধাতব ব্যাসার্ধ}}$ ক্ষার ধাতুর বেলায় এ অনুপাতের মান কম হয়। ফলে এদের (i) কেলাস গঠন দুর্বল, (ii) এদের বাষ্পীভবন এনথালপি কম হয়।

**(৭) তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** গ্রুপ-IA এর ধাতুগুলো তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক হওয়ায় তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান সর্বনিম্ন। আবার একই গ্রুপে উপর হতে নিচের দিকে ধাতুগুলোর তড়িৎ ধনাত্মক প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়। তাই বিপরীতভাবে তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন Li এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা 1 হতে নিচের দিকের ধাতুগুলোর বেলায় তা ক্রমাগত হ্রাস পেয়ে Cs এর বেলায় 0.7 হয়েছে। [সারণি ১৬.১ দ্রষ্টব্য]।

## ১৬·৪। ক্ষার ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি
## Chemical Properties of Alkali Metals

**সক্রিয়তা ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি একই রকমের। পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে তারা একযোজী এবং একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে $M^+$ আয়ন তৈরি করে। অর্থাৎ ক্ষার ধাতু দ্বারা সৃষ্ট সব যৌগই আয়নিক এবং তাদের $M^+$ আয়ন বিদ্যমান। যেহেতু এরা সহজেই একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে, সেহেতু ক্ষার ধাতুসমূহ শক্তিশালী বিজারক। ক্ষারধাতুসমূহ প্রায় সব অধাতব মৌল, হাইড্রোজেন ও জারক পদার্থের সাথে বিক্রিয়া করে।

**(১) হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** প্রকৃতপক্ষে ক্ষার ধাতুসমূহ এতই শক্তিশালী বিজারক যে তারা উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনকেও ধাতব হাইড্রাইডে বিজারিত করে। এসব যৌগে হাইড্রাইড আয়ন ($H^-$) থাকে ঃ

$$2M + H_2 \xrightarrow{\Delta} 2MH; \qquad [M = Li, Na, K, Rb, Cs]$$

**(২) ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** ক্লোরিনের সাথে এদের বিক্রিয়ায় প্রচুর শক্তি নির্গত হয়; ফলে আগুন ধরে যায়। তাতে ধাতব ক্লোরাইড তৈরি হয় ঃ

$$2M + Cl_2 \longrightarrow 2MCl; \qquad [M = Li, Na, K, Rb, Cs]$$

**(৩) পানির সাথে বিক্রিয়া ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহ পানির সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে। এ বিক্রিয়ায় ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ঃ যেমন,

$$2M(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2MOH(aq) + H_2(g)$$
$$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

**(৪) অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** অক্সিজেনের সাথে লিথিয়াম অন্যান্য ক্ষারধাতু অপেক্ষা কিছুটা ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে; কিন্তু অন্যান্য ধাতু যেমন, Cs ও Rb এত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে যে, তাতে আগুন ধরে যায়। ক্ষার ধাতু অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে তিন প্রকার অক্সাইড গঠন করতে পারে। যেমন, (১) সাধারণ অক্সাইড, (২) পার-অক্সাইড ও (৩) সুপার অক্সাইড।

লিথিয়াম সাধারণ অক্সাইড ($Li_2O$) তৈরি করে। সোডিয়াম পারঅক্সাইড ($Na_2O_2$) উৎপন্ন করে। অন্যান্য ধাতু যেমন K, Rb, Cs ইত্যাদি সুপার অক্সাইড ($KO_2$) তৈরি করে।

$$4Li(s) + 2O_2(g) \longrightarrow 2Li_2O(s); \qquad 4K(s) + O_2(g) \longrightarrow 2K_2O(s)$$
$$4Na(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Na_2O(s); \qquad 2K(s) + O_2(g) \longrightarrow K_2O_2(s)$$
$$2Na(s) + O_2(g) \longrightarrow Na_2O_2(s); \qquad K(s) + O_2(g) \longrightarrow KO_2(s)$$

http://pdfcorner.com

এর সাথে ধাতুসমূহের স্বাভাবিক অক্সাইডও উৎপন্ন হয়; বিশেষত অক্সিজেনের স্বল্পতায়। সাধারণ অক্সাইডে দ্বিযোজী অক্সাইড ($O^{2-}$) আয়ন, পারঅক্সাইডে দ্বিযোজী পারঅক্সাইড ($O_2^{2-}$) আয়ন এবং সুপার অক্সাইডে একযোজী সুপার অক্সাইড ($O_2^-$) আয়ন থাকে।

## ১৬·৫। পানির সাথে ক্ষার ধাতুসমূহের অক্সাইডের বিক্রিয়া
### Reaction of Oxides of Alkali Metals with water

ক্ষার ধাতুর সাধারণ অক্সাইড ($M_2O$), পার অক্সাইড ($M_2O_2$) ও সুপার অক্সাইড ($MO_2$) প্রত্যেকে পানির সাথে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে দ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

ক্ষারধাতুসমূহের সাধারণ অক্সাইড যেমন $Li_2O$, $Na_2O$, $K_2O$, $Rb_2O$, $Cs_2O$ ইত্যাদি পানির সাথে তাৎক্ষণিকভাবে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড পানিতে দ্রবণীয় এবং তীব্র ক্ষার। $Na_2O\,(s) + H_2O\,(\ell) \longrightarrow 2NaOH\,(aq)$

ক্ষার ধাতুর অন্যান্য অক্সাইডসমূহ যেমন, পারঅক্সাইড ($Na_2O_2$) ও সুপার অক্সাইড ($KO_2$) পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2Na_2O_2\,(s) + 2H_2O\,(\ell) \longrightarrow 4NaOH\,(aq) + O_2\,(g)$$

$$4KO_2\,(s) + 2H_2O\,(\ell) \longrightarrow 4KOH\,(aq) + 3O_2\,(g)$$

## ১৬·৬। ক্ষার ধাতুসমূহের যৌগ
### Compounds of Alkali Metals

**আয়নিক যৌগ ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের যৌগের সাধারণ সংকেত MX, $M_2Y$, $M_3Z$ প্রভৃতি; যেখানে X, Y ও Z যথাক্রমে এক, দ্বি ও ত্রিযোজী মৌল বা যৌগমূলক। আয়নিক যৌগ হওয়ার কারণে তারা কঠিন পদার্থ, যাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি। এগুলো সাধারণত পানিতে দ্রবণীয় এবং এ দ্রবণ ও গলিত লবণসমূহ বিদ্যুৎ পরিবাহী। এগুলো সাধারণত বর্ণহীন। অবশ্য অ্যানায়নের কারণে এগুলো বর্ণযুক্ত হতে পারে। অর্থাৎ অ্যানায়ন বর্ণযুক্ত হলে লবণ বর্ণযুক্ত হয়। যেমন, $KMnO_4$, $Na_2CrO_4$ প্রভৃতি। এ সব যৌগের বর্ণের উৎস তাদের অ্যানায়নসমূহ।

# গ্রুপ-IIA- এর মৌলসমূহ

## ১৬·৭। গ্রুপ-IIA-এর মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস
### Group IIA Elements and their Electronic Configuration

পর্যায় সারণির গ্রুপ-IIA তে বেরিলিয়াম (Beryllium, Be), ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium, Mg), ক্যালসিয়াম (Calcium, Ca), স্ট্রনসিয়াম (Strontium, Sr), বেরিয়াম (Barium, Ba) ও রেডিয়াম (Radium, Ra) ধাতুসমূহ আছে। ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়াম ধাতুসমূহকে **মৃৎক্ষার ধাতু** (alkaline earth-metals) বলা হয়; অনেক সময় একই শব্দ দ্বারা এ শ্রেণীর সব মৌলকেও বোঝানো হয়। এ সব মৌলের **পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নে প্রদত্ত হল ঃ**

Be (4) = $Is^2$ **$2s^2$**

Mg (12) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6$ **$3s^2$**

Ca (20) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ **$4s^2$**

Sr (38) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6$ **$5s^2$**

Ba(56) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6$ **$6s^2$**

Ra (88) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^{14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}\ 6s^2\ 6p^6$ **$7s^2$**



http://pdfcorner.com

অতএব গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের যোজ্যতার স্তরের **সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস** হল $ns^2$ এবং **মৌলসমূহের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস** হল $(n-1)s^2\ (n-1)p^6\ ns^2$ ।

## ১৬·৮। গ্রুপ-IIA-এর মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম
## Physical Properties of Group IIA Elements

সারণি ১৬.২ এ গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম সন্নিবেশিত হয়েছে। এসব মৌলের ভৌত ধর্মের (১) ক্রমপরিবর্তন ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়।

**সারণি ১৬.২ ঃ গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম।**

| ভৌত ধর্ম (এককসহ) | | Be | Mg | Ca | Sr | Ba | Ra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১। পারমাণবিক সংখ্যা (Z) | ঃ | 4 | 12 | 20 | 38 | 56 | 88 |
| ২। পারমাণবিক ভর (A) | ঃ | 9.012 | 24.312 | 40.08 | 87.62 | 137.3 | 226.0254 |
| ৩। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) | ঃ | 0.089 | 0.136 | 0.174 | 0.191 | 0.198 | — |
| ৪। ধাতব ব্যাসার্ধ (nm) | ঃ | 0.112 | 0.160 | 0.197 | 0.215 | 0.221 | — |
| ৫। আয়নিক ব্যাসার্ধ (nm) | ঃ | 0.034 | 0.078 | 0.106 | 0.127 | 0.143 | 0.157 |
| ৬। আয়নীকরণ শক্তি ($kJmol^{-1}$) | ঃ | | | | | | |
| প্রথম IP ($kJmol^{-1}$) | ঃ | 899 | 738 | 590 | 549 | 503 | — |
| দ্বিতীয় IP ($kJmol^{-1}$) | ঃ | 1757 | 1450 | 1145 | 1064 | 965 | — |
| ৭। ঘনত্ব (20c° g/mL) | ঃ | 1.86 | 1.75 | 1.55 | 2.60 | 3.59 | 6.00 |
| ৮। গলনাঙ্ক (°C) | ঃ | 1278 | 714 | 839 | 769 | 714 | 700 |
| ৯। স্ফুটনাঙ্ক (°C) | ঃ | 2970 | 1090 | 1484 | 1366 | 1640 | 1140 |
| ১০। তড়িৎ ঋণাত্মকতা (পলিং স্কেল) | ঃ | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | তেজস্ক্রিয় মৌল |

**(১) পরমাণুর আয়তন ও আয়নের আয়তন ঃ** অন্যান্য সব গ্রুপের মৌলের ন্যায় গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের বেলায় পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণু ও আয়নের আয়তন বৃদ্ধি পায়। কেননা, একই গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে নতুন ইলেকট্রন স্তর সংযোজিত হয়; ফলে পরমাণুর ও আয়নের আয়তন বেড়ে যায়।

**(২) পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধ ঃ** গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ তাদের পূর্বে অবস্থিত ক্ষার ধাতুসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ অপেক্ষা কম। কেননা, এ সব মৌলের নিউক্লিয়াসে ক্ষারধাতু অপেক্ষা একটি প্রোটন বেশি আছে; ফলে ইলেকট্রনসমূহ বেশি দৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট হয় এবং **পরমাণুর আকার হ্রাস পায়।** গ্রুপ-IA এর মৌলসমূহ অপেক্ষা গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের **আয়নিক ব্যাসার্ধ অনেক কম।** কেননা, গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহ $M^{2+}$ আয়ন গঠন করে, যেখানে গ্রুপ-IA এর মৌলসমূহ $M^{+}$ আয়ন দেয়।

**(৩) আয়নীকরণ শক্তি ঃ** গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ধীরে ধীরে কমে। কেননা, পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায়, ফলে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের উপর পরমাণুর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ক্রমশ কমে, এতে আয়নীকরণ শক্তি কমে।

গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি পার্শ্ববর্তী গ্রুপ-IA এর ক্ষার ধাতুসমূহের **প্রথম আয়নীকরণ শক্তি** (১ম IP) অপেক্ষা মোটামুটি দ্বিগুণ বেশি। এর কয়েকটি কারণ আছে। **প্রথমত,** ক্ষারধাতু অপেক্ষা পরবর্তী মৃৎক্ষার ধাতুর পরমাণুর আকার ছোট; ফলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন ও নিউক্লিয়াস এর দূরত্ব কম হয়। তাই মৃৎক্ষার ধাতুর নিউক্লিয়াস যোজ্যতা ইলেকট্রনকে অধিকতর বল দ্বারা আকর্ষণ করে। **দ্বিতীয়ত,** মৃৎক্ষার ধাতুর নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জ অর্থাৎ প্রোটনের সংখ্যা পার্শ্ববর্তী ক্ষারধাতু অপেক্ষা এক একক বেশি। এ কারণেও ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বাড়ে। **তৃতীয়ত,** মৃৎক্ষার ধাতুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2$ এ দুটি

http://pdfcorner.com

ইলেকট্রন জোড়বদ্ধ অবস্থায় থাকে। একটি ইলেকট্রন অপসারণ করতে হলে এ জোড় ভাঙতে হয়, ফলে কিছুটা অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয়। এ সব কারণে গ্রুপ-IIA এর **মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি তাদের পূর্ববর্তী ক্ষারধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তির প্রায় দ্বিগুণ হয়।**

অপরদিকে গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের **দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি** (২য় IP) গ্রুপ-IA এর ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা অনেক কম। এর কারণ হচ্ছে মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের পরমাণুসমূহের দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি চার্জবিহীন ক্ষার ধাতুসমূহের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের ন্যায় একই অবস্থায় থাকে এবং এটি অপসারণের ফলে সৃষ্ট আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস সুস্থিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাসের ন্যায় হয়। যেমন,

$$Mg(Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2) \xrightarrow[1st\ I.P.]{-e} Mg^+(Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1) \equiv Na\ (Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1)$$

$$\xrightarrow[2nd\ I.P.]{-e} Mg^{2+}(Is^2\ 2s^2\ 2p^6) \equiv Ne\ (Is^2\ 2s^2\ 2p^6)$$

এ কারণে গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি খুব বেশি নয়। অবশ্য ইতোমধ্যে সৃষ্ট এক একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়ন (যেমন $Mg^+$) থেকে দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি অপসারণ করা হয় বলে মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা দ্বিগুণের মত হয়। অপরদিকে ক্ষার ধাতুসমূহের পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণের ফলে এক একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট আয়নের সৃষ্টি হয়, যার ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ন্যায় (যেমন $Na^+ \equiv Ne$ ঃ $Is^2\ 2s^2\ 2p^6$)। দ্বিতীয় ইলেকট্রন অপসারণের সময় এ বিশেষ সুস্থিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙার প্রয়োজন হয় বলে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন হয়। **ফলে মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি অনেক বেশি হয়।**

**(৪) জারণ সংখ্যা ঃ** গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষারীয় ধাতুগুলোর প্রথম আয়নীকরণ শক্তির মান কম। তাই তাদের $M^+$ আয়ন তৈরি করা স্বাভাবিক। কিন্তু বাস্তবে গ্রুপ-IIA ধাতুগুলো কেবল $M^{2+}$ আয়ন যেমন $Be^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$, $Ba^{2+}$ আয়ন গঠন করে। এর কারণ হল–এসব ধাতুর ১ম আয়নীকরণ শক্তির তুলনায় ২য় আয়নীকরণ শক্তি প্রায় দ্বিগুণ হলেও $M^{2+}$ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মত অধিক স্থিতিশীল হয়। আবার এ সুস্থিত $M^{2+}$ আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হতে ইলেকট্রন অপসারণ করে $M^{3+}$ আয়ন তৈরি করতে অস্বাভাবিক উচ্চ শক্তি প্রয়োজন হয়। তাই $M^{3+}$ আয়ন কখনও সৃষ্টি করে না। সুতরাং গ্রুপ-IIA মৃৎক্ষারীয় ধাতুগুলোর জারণ সংখ্যা +2 হয় অর্থাৎ স্থির থাকে।

**(৫) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের বেলায়, পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ক্রমান্বয়ে হ্রাস ঘটে। কিন্তু মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কোনরূপ ধারাবাহিকতা প্রদর্শন করে না।

**(৬) তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** গ্রুপ-IA এর ধাতুগুলোর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মানের চেয়ে গ্রুপ-IIA এর ধাতুগুলোর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান বেশি। এর কারণ হল নিউক্লিয়াসে এক একক ধনাত্মক চার্জ বেশি থাকায় এবং পরমাণুর আকার একটু ছোট হওয়ায় গ্রুপ-IIA এর ধাতুগুলোর নিউক্লিয়াস দ্বারা যোজ্যতা ইলেকট্রন স্তর অধিকতর আকৃষ্ট হয়। আবার গ্রুপ-IIA এর ধাতুগুলোর উপর হতে নিচের দিকে পরমাণুর যোজ্যতা স্তর বৃদ্ধির কারণে তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন Be এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা হল 1.5 এবং একই গ্রুপের Ba-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা 0.9।

## ১৬·৯। গ্রুপ-IIA-এর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম
### Chemical Properties of group-IIA Elements

**সক্রিয়তা ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে যথেষ্ট মিল আছে, তবে সূক্ষ্মভাবে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, প্রথম দুটি ধাতু অর্থাৎ বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য ধাতু অপেক্ষা কিছুটা ভিন্নতর। এ শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা কমে অর্থাৎ তড়িৎ ধনাত্মকতা বা ধাতব বৈশিষ্ট্য বাড়ে। গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহ ধাতু হওয়ায় এর অর্থ দাঁড়ায় পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের সক্রিয়তা বাড়ে। সুতরাং গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের মধ্যে বেরিলিয়াম সবচেয়ে কম সক্রিয়, ম্যাগনেসিয়াম অপেক্ষাকৃত সক্রিয়; অন্যান্য সব মৌল খুব সক্রিয়; তন্মধ্যে রেডিয়ামের সক্রিয়তা সবচেয়ে বেশি।

http://pdfcorner.com

**(১) পানির সাথে বিক্রিয়া ঃ** ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম ও রেডিয়াম ঠাণ্ডা পানির সাথে সরাসরি বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$M(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow M(OH)_2(s) + H_2(g) ; \qquad [M = Ca, Sr, Ba, Ra]$$

ম্যাগনেসিয়াম উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে, $Mg(OH)_2$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু ঠাণ্ডা পানির সাথে বিক্রিয়া করে না ঃ

$$Mg(s) + 2H_2O(\ell) \xrightarrow{100^\circ C} Mg(OH)_2(s) + H_2(g)$$

অপরদিকে বেরিলিয়াম $100^\circ C$ তাপমাত্রায়ও পানির সাথে এ বিক্রিয়া করে না। বাতাসের সাথে ধাতুসমূহের বিক্রিয়ায়ও এ পার্থক্য ধরা পড়ে।

**(২) অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** বেরিলিয়াম সাধারণ তাপমাত্রায় বাতাসে অপরিবর্তিত থাকে। ম্যাগনেসিয়াম অতি ধীরে বাতাসের সাথে বিক্রিয়া করে। অপরদিকে অন্যান্য ধাতুসমূহ সহজেই ধীরে ধীরে জারিত হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় সব ধাতুই বাতাসে পুড়ে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2M(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MO(s) . \quad [M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra]$$

$$2Mg(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MgO(s)$$

**(৩) নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের একটি বিশেষত্ব হচ্ছে, তারা সহজেই উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব নাইট্রাইড গঠন করে। মৃৎক্ষার ধাতুর এসব নাইট্রাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অদ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$3M(s) + N_2(g) \longrightarrow M_3N_2(s) \quad [\text{এখানে } M = Be, Mg, Ca \text{ ইত্যাদি}]$$

$$M_3N_2(s) + 6H_2O \longrightarrow 3M(OH)_2(s) + 2NH_3(g)$$

ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় $N_2$ গ্যাসের সাথে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড ($Mg_3N_2$) গঠন করে। উৎপন্ন $Mg_3N_2$ পানির সংস্পর্শে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Mg(OH)_2$ ও $NH_3$ গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$3Mg(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2(s)$$

$$Mg_3N_2(s) + 6H_2O(\ell) \longrightarrow 3Mg(OH)_2(s) + 2NH_3(g)$$

**(৪) হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রাইড তৈরি করে। এ সব ধাতব হাইড্রাইড পানির দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ধাতুর হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$M(s) + H_2(g) \xrightarrow{\Delta} MH_2(s) \qquad [M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba]$$

$$MH_2(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow M(OH)_2(s) + 2H_2(g)$$

যেমন, Mg ধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় $H_2$ গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রাইড ($MgH_2$) গঠন করে। $MgH_2$ পানির সংস্পর্শে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Mg(OH)_2$ ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Mg(s) + H_2(g) \xrightarrow{\Delta} MgH_2(s)$$

$$MgH_2(s) + 2H_2O(\ell) \longrightarrow Mg(OH)_2(s) + 2H_2(g)$$

**(৫) হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়া ঃ** হ্যালোজেনসমূহের সাথে মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের বিক্রিয়ায় ধাতব হ্যালাইড তৈরি করে। যেমন ক্যালসিয়াম ও $Cl_2$ এর বিক্রিয়ায় $CaCl_2$ উৎপন্ন হয়।

$$M(s) + X_2(g) \longrightarrow MX_2(s) \qquad [M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba]$$
$$[X = F, Cl, Br, I]$$

$$Ca(s) + Cl_2(g) \longrightarrow CaCl_2(s)$$

http://pdfcorner.com

## ১৬.১০। গ্রুপ-IIA-এর ধাতুসমূহের যৌগের ধর্ম

### Properties of Compounds of Group-IIA Metals

**আয়নিক ও সমযোজী যৌগ ঃ** ক্যালসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম অপেক্ষা ভারী গ্রুপ-IIA এর শ্রেণীর মৌলসমূহ খুব তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু হওয়ায় তারা সরাসরি দুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। ফলে তাদের সব যৌগ সম্পূর্ণ আয়নিক। ম্যাগনেসিয়ামও একইভাবে যৌগ গঠন করলেও এর কম তড়িৎ ধনাত্মকতার কারণে যৌগসমূহের শতকরা আয়নিক ভাগ কিছু কম হয়। অপরদিকে **বেরিলিয়াম খুবই ক্ষুদ্র হওয়ায় এটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে আয়নিক যৌগ গঠন করে না।** তার যৌগসমূহ সমযোজী; তবে সংযুক্ত অন্যান্য মৌলের সাথে বেরিলিয়ামের তড়িৎ ঋণাত্মকতার যথেষ্ট পার্থক্য থাকায় যৌগসমূহের বন্ধনে শতকরা আয়নিক ভাগ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হয়। ফলে সমযোজী যৌগ হওয়া সত্ত্বেও বেরিলিয়াম যৌগসমূহের ভৌত ধর্মসমূহে আয়নিক প্রভাব খুব বেশি।

গ্রুপ-IIA এর ধাতুসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতার এ পার্থক্য তাদের কিছু যৌগের ধর্মে দেখা যায়। Ca, Sr, Ba ধাতুসমূহের সালফেট পানিতে অদ্রবণীয় বা প্রায় অদ্রবণীয় হলেও $MgSO_4$ ও $BeSO_4$ পানিতে বেশ দ্রবণীয়। অপরদিকে Ca, Sr, Ba ধাতুসমূহের হাইড্রক্সাইড পানিতে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে দ্রবণীয় এবং ক্ষার, অথচ $Mg(OH)_2$ $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয়।

## ১৬.১১। গ্রুপ-IIA ধাতুসমূহের অক্সাইডের সাথে পানির বিক্রিয়া

### Reaction of Oxides of Group-IIA Metals with water

গ্রুপ-IIA এর ভারী ধাতুসমূহের অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধাতুর হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। এ সময় বেশ তাপ উৎপন্ন হয়। অপরদিকে BeO ও MgO সাধারণ অবস্থায় পানির সাথে বিক্রিয়া করে না।

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$
$$BaO + H_2O \longrightarrow Ba(OH)_2$$
$$SrO + H_2O \longrightarrow Sr(OH)_2$$

## ১৬.১২। গ্রুপ-IA ও IIA বা ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতুর সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য

### Similarities and Dissimilarities of Group -IA and IIA Metals

**সাদৃশ্য** ক্ষার ধাতু বা গ্রুপ-IA ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতু বা গ্রুপ-IIA ধাতু এর মধ্যে নিম্নরূপ সাদৃশ্য দেখা যায় ঃ

**(১) ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহ পর্যায় সারণির গ্রুপ-IA এর মৌল এবং এদের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)s^2\ (n-1)p^6\ ns^1$ । অপরদিকে মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)s^2\ (n-1)p^6\ ns^2$ এবং এরা পর্যায় সারণির গ্রুপ-IIA এর মৌল। অর্থাৎ এ দুটি গ্রুপের মৌলসমূহের নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা যথাক্রমে একটি ও দুটি ইলেকট্রন বেশি আছে।

**(২) জারণ-সংখ্যা ঃ** ক্ষার ধাতুর মৌলসমূহ তাদের যোজ্যতা স্তরের $ns^1$ ইলেকট্রন এবং মৃৎক্ষার ধাতুর মৌলসমূহ $ns^2$ ইলেকট্রনদ্বয় ত্যাগ করে আয়নিক যৌগ গঠন করে। ফলে ক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা সর্বদা +1 এবং মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা সর্বদা +2।

**(৩) যৌগের সাদৃশ্য ধর্ম ঃ** উভয়ক্ষেত্রে তাদের যৌগসমূহ আয়নিক হওয়ায় তাদের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে; যেমন তাদের প্রায় সব যৌগ পানিতে দ্রবণীয়; কঠিন অবস্থায় বর্ণহীন (যদি না অ্যানায়ন থেকে কোন বর্ণ আসে)। এ সব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বেশি। কঠিন অবস্থায় তারা তড়িৎ অপরিবাহী; অথচ তরল অবস্থায় এবং পানিতে দ্রবণীয় অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং বিদ্যুৎ পরিবহনের সময় যৌগসমূহ বিশ্লিষ্ট হয়।

**(৪) ধাতব ধর্ম ও গলনাঙ্ক ঃ** ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ (Li, Mg ও Be ব্যতীত) নরম ধাতু এবং তাদের গলনাঙ্ক কম। মৌল অবস্থায় তাদের বর্ণ রুপার ন্যায় সাদা; কিন্তু বাতাসে রাখলে পানি ও অক্সিজেনের প্রভাবে সহসাই মলিন হয়।

**(৫) সক্রিয়তা ঃ** উভয় প্রকার ধাতুই খুব সক্রিয় এবং এ কারণে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

http://pdfcorner.com

**(৬) ধাতুর নিষ্কাশন ঃ** উভয় প্রকার ধাতুকেই তাদের ক্লোরাইড লবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করে তৈরি করা হয়।

**(৭) পানির সাথে ক্রিয়া ঃ** উভয় প্রকার ধাতুই পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2M\,(s) + 2H_2O\,(\ell) \longrightarrow 2MOH\,(aq) + H_2\,(g) \quad [M = Na, K, Rb, Cs, Fr]$$

$$M'\,(s) + 2H_2O\,(\ell) \longrightarrow M'(OH)_2\,(aq) + H_2\,(g) \quad [M' = Ca, Sr, Ba, Ra]$$

**(৮) ধাতুর হাইড্রক্সাইড ঃ** উভয় প্রকার ধাতুর হাইড্রক্সাইড পানিতে দ্রবণীয় এবং তাদের জলীয় দ্রবণ তীব্র ক্ষারকীয়।

**বৈসাদৃশ্য** অপরদিকে ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুর মধ্যে কিছু পার্থক্যও আছে। যেমন,

**(১) পরমাণুর আয়তন ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের পরমাণুর আয়তন পার্শ্ববর্তী ক্ষার ধাতুসমূহ অপেক্ষা কিছু ছোট। তারা ক্ষার ধাতু অপেক্ষা কম তড়িৎ ধনাত্মক এবং সে কারণে কম সক্রিয়।

**(২) আয়নীকরণ শক্তি ঃ** ক্ষার ধাতুসমূহের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা পার্শ্ববর্তী মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের প্রথম আয়নীকরণ শক্তির মান প্রায় দ্বিগুণ; অপরদিকে ক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা অনেক বেশি।

**(৩) যৌগের দ্রাব্যতা ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের ফসফেট, কার্বনেট ও সালফেট যৌগসমূহের প্রায় সবগুলো পানিতে অদ্রাব্য। অপরদিকে ক্ষার ধাতুসমূহের এ লবণসমূহের ($Li_2CO_3$, $Li_3PO_4$ ব্যতীত) সবগুলোই পানিতে দ্রবণীয়।

**(৪) যৌগের প্রকার ঃ** জারণ সংখ্যার পার্থক্যের কারণে তাদের যৌগের গঠনও দুপ্রকার। ক্ষার ধাতুসমূহের যৌগের সংকেত যথাক্রমে MX, $M_2Y$, $M_3Z$ প্রভৃতি এবং তারা আয়নিক যৌগ। অপরদিকে **মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের যৌগের** সংকেত যথাক্রমে $MX_2$, MY ও $M_3Z_2$। এখানে X, Y ও Z যথাক্রমে এক, দ্বি ও ত্রিযোজী অ্যানায়ন এবং তারা আয়নিক অথবা সমযোজী যৌগ হয়।

## ১৬·১৩। গ্রুপ-IIA মৌলের সালফেট ও হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা প্রবণতা
## Solubility Trends of Sulphates & Hydroxides of group-IIA Elements

**(ক) ল্যাটিস এনথালপি ঃ** পরস্পর থেকে অসীম দূরত্বে অবস্থিত প্রয়োজনীয় সংখ্যক গ্যাসীয় ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নসমূহকে একত্রিত করে কোন যৌগের এক মোল পরিমাণ কঠিন আয়নিক কেলাস তৈরি করার সময় যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সে যৌগের **ল্যাটিস শক্তি বা ল্যাটিস এনথালপি** বলা হয়। এর পরিমাণ আয়নদ্বয়ের চার্জের গুণফলের উপর বিশেষভাবে নির্ভর করে। যেহেতু গ্রুপ-IIA সালফেটসমূহের ক্ষেত্রে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়ের আধান ২, সেহেতু এদের ল্যাটিস শক্তি খুব বেশি।

$$M^{2+}(g) + SO_4^{2-}(g) \longrightarrow MSO_4(s) + Q$$

**(খ) হাইড্রেশান এনথালপি ঃ** কোন আয়নিক কেলাসের ল্যাটিস থেকে মুক্ত এবং পরস্পর থেকে অসীম দূরত্বে অবস্থিত প্রয়োজনীয় সংখ্যক গ্যাসীয় ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নসমূহকে পর্যাপ্ত পানিতে দ্রবীভূত করে এক মোল পরিমাণ কোন যৌগের লঘু দ্রবণ তৈরি করার সময় যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সে যৌগের **হাইড্রেশান এনথালপি** বলা হয়।

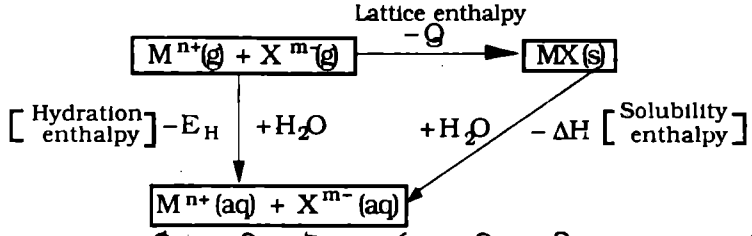
$$M^{2+}(g) + SO_4^{2-}(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow M^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

এটি প্রকৃতপক্ষে দুটি পৃথক এনথালপির যোগফল। একটি হচ্ছে ক্যাটায়নের হাইড্রেশান এনথালপি এবং অন্যটি হচ্ছে অ্যানায়নের হাইড্রেশান এনথালপি। হাইড্রেশান এনথালপি প্রধানত আয়নের চার্জের উপর নির্ভরশীল।

গ্রুপ-IIA ধাতুসমূহের সালফেটের পানিতে দ্রাব্যতা নিম্নরূপ। $BeSO_4$ অধিক দ্রবণীয়, $MgSO_4$ অধিক দ্রবণীয়; $CaSO_4$ স্বল্প দ্রবণীয়, $SrSO_4$ খুব কম দ্রবণীয়, $BaSO_4$ আরো কম দ্রবণীয়। অর্থাৎ পারমাণবিক সংখ্যা বাড়ার সাথে গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের সালফেটের দ্রাব্যতা দ্রুত হ্রাস পায়। এ সব যৌগের ল্যাটিস এনথালপি এবং হাইড্রেশান এনথালপির মাধ্যমে এ প্রবণতা ব্যাখ্যা করা যায়।

http://pdfcorner.com

তাপগতিবিদ্যা মতে, আমরা কোন যৌগের পানিতে দ্রবীভূত হওয়াকে নিম্নরূপ চক্র দ্বারা প্রকাশ করতে পারি।




এখানে $\Delta H$ হচ্ছে 1mol কঠিন আয়নিক যৌগকে পর্যাপ্ত পানিতে দ্রবীভূত করার সময় নির্গত তাপশক্তি বা **দ্রবণ তাপ** (Heat of solution)। **তাপগতি বিজ্ঞানের হেস সূত্র** থেকে আমরা পাই,

$$-E_H = -Q - \Delta H$$

**অথবা,** $\Delta H = E_H - Q$

এ সমীকরণ থেকে বোঝা যায় যে, **ল্যাটিস এন্থালপি (Q) এর তুলনায় হাইড্রেশান এন্থালপি ($E_H$) যত বেশি হবে, আয়নিক যৌগের দ্রবণীয়তা তত বৃদ্ধি পাবে।**

(১) আয়নিক যৌগের ল্যাটিস এন্থালপি ও হাইড্রেশান এন্থালপি উভয়েই ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের **চার্জ বাড়ার সাথে বাড়ে;** আবার ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের **আকার বাড়ার সাথে কমে।** (২) গ্রুপ-IIA সালফেটসমূহের মধ্যে তুলনা করার সময় দেখা যায় যে, ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জ একই থাকছে। এছাড়া অ্যানায়নের আকারও একই থাকছে, **শুধুমাত্র ক্যাটায়নের আকার পারমাণবিক সংখ্যা বাড়ার সাথে বাড়ে।** (৩) সুতরাং $BeSO_4$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $SrSO_4$, $BaSO_4$ এ পাঃ সংখ্যার ক্রম অনুযায়ী ক্যাটায়নের ৬..কার বৃদ্ধির কারণে ল্যাটিস এন্থালপি ও হাইড্রেশান এন্থালপি উভয়েই কমে। (৪) তবে এ ক্রমে **ল্যাটিস এন্থালপি অপেক্ষা হাইড্রেশান এন্থালপির হ্রাস অধিক হয়।** সুতরাং এ ক্রমের প্রথমদিকে যেমন $Be^{2+}$ এবং $Mg^{2+}$ এর আকার ছোট হওয়ায় তাদের চারদিকে পরিবেষ্টিত পানি অণুর সংখ্যা পরের $Ca^{2+}$, $Ba^{2+}$ এর তুলনায় বেশি থাকে। ফলে হাইড্রেশান এন্থালপি ল্যাটিস এন্থালপির চেয়ে বেশি হয়। তাই $BeSO_4$ ও $MgSO_4$ পানিতে ভাল দ্রবণীয়; কিন্তু এ দ্রবণীয়তা এ ক্রম অনুযায়ী হ্রাস পায় এবং $BaSO_4$ এর ক্ষেত্রে হাইড্রেশান এন্থালপি এত হ্রাস পায় যে তা ল্যাটিস এন্থালপির হ্রাসকে অতিক্রম করায় $BaSO_4$ পানিতে বস্তুত অদ্রবণীয়।

দ্রাব্যতা হ্রাস ঃ
$BeSO_4$
$MgSO_4$
$CaSO_4$
$SrSO_4$
$BaSO_4$

(৫) তাদের দ্রাব্যতার ক্রম হল ঃ $BeSO_4 > MgSO_4 > CaSO_4 > SrSO_4 > BaSO_4$

**(গ) হাইড্রক্সাইডসমূহের দ্রবণ প্রবণতা ঃ** গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের হাইড্রক্সাইডসমূহের পানিতে দ্রাব্যতা নিম্নরূপ। $Be(OH)_2$ অদ্রবণীয়, $Mg(OH)_2$ খুব কম দ্রবণীয়, $Ca(OH)_2$ স্বল্প দ্রবণীয়, $Sr(OH)_2$ স্বল্প দ্রবণীয়, $Ba(OH)_2$ মোটামুটি দ্রবণীয়। অর্থাৎ গ্রুপ-IIA মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে তাদের হাইড্রক্সাইডের দ্রবণীয়তা বাড়ে। এ সকল যৌগের **ল্যাটিস এন্থালপি ও হাইড্রেশান এন্থালপি** থেকে এ ধারাবাহিকতা ব্যাখ্যা করা যায়।

(১) আয়নিক যৌগের ল্যাটিস এনথালপির তুলনায় হাইড্রেশান এনথালপি যত বেশি হবে, সে যৌগের পানিতে দ্রাব্যতা তত বেশি হবে। (২) ল্যাটিস এন্থালপি ও হাইড্রেশান এন্থালপি উভয়েই ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের বৃদ্ধির সাথে বাড়ে এবং তাদের আকার বৃদ্ধির সাথে কমে। (৩) গ্রুপ-IIA মৌলের হাইড্রক্সাইডসমূহের মধ্যে অ্যানায়ন ($OH^-$) এর চার্জ এবং আকার একই থাকছে। ক্যাটায়নসমূহের চার্জ সমান (যেমন $Be^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$)। শুধুমাত্র ক্যাটায়নের আকারের বৃদ্ধি ঘটছে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নিক ব্যাসার্ধ বাড়ে এবং হাইড্রেশান এন্থালপি ও ল্যাটিস এন্থালপি উভয়েই কমে। সুতরাং $Be(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ এর হাইড্রেশান এন্থালপি ও ল্যাটিস এন্থালপি উভয়েই ক্রমাগত হ্রাস পায়। তবে হাইড্রেশান এনথালপি অপেক্ষা ল্যাটিস এন্থালপি কিছুটা দ্রুততর হ্রাস পায়।

দ্রাব্যতা বৃদ্ধি ঃ
$Be(OH)_2$
$Mg(OH)_2$
$Ca(OH)_2$
$Sr(OH)_2$
$Ba(OH)_2$

http://pdfcorner.com

তখন $Be(OH)_2$ এর ক্ষেত্রে ল্যাটিস এন্থালপির পরিমাণ হাইড্রেশান এন্থালপির চেয়ে বেশি। এ কারণে $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয়। কিন্তু গ্রুপ IIA মৌলসমূহের আয়নের আকার বৃদ্ধির সাথে ল্যাটিস এন্থালপি হাইড্রেশান এন্থালপি অপেক্ষা দ্রুততর বেগে হ্রাস পায়। অর্থাৎ তাদের হাইড্রেশান এনথালপি বেশি হয় এবং এ মৌলসমূহের হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা ক্রমাগতভাবে বাড়ে। তাই **$Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয় হয়। তাদের দ্রাব্যতার ক্রম হল ঃ** $Mg(OH)_2 < Ca(OH)_2 < Sr(OH)_2 < Ba(OH)_2$

## ১৬.১৪। গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA মৌলের নাইট্রেট ও কার্বনেটের তাপসহতা

**Thermal stability of Nitrates and,Carbonates of group-IA & IIA Elements**

**(ক) নাইট্রেটসমূহের তাপসহতা ঃ** একমাত্র লিথিয়াম নাইট্রেট ব্যতীত গ্রুপ-IA এর অন্যান্য ধাতুর নাইট্রেট তাপপ্রয়োগে বিযোজিত হয়ে **ধাতুর নাইট্রাইট ও অক্সিজেন** উৎপন্ন করে। কিন্তু উত্তাপে লিথিয়াম নাইট্রেট বিযোজিত হয়ে লিথিয়াম অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। কারণ $Li^+$ আয়নের আকার ছোট হওয়ায় এর ধনাত্মক চার্জ ঘনত্ব বেশি হয়, তাই এটি দ্বারা $NO_3^-$ আয়নের পোলারায়ন বেশি ঘটে।

$$4\,LiNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2Li_2O(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

$$2NaNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2NaNO_2(s) + O_2(g)$$

$$2KNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KNO_2(s) + O_2(g)$$

$$2MNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2MNO_2(s) + O_2(g) \quad [M = Na, K, Rb, Cs]$$

অপরদিকে গ্রুপ-IIA এর সব ধাতুর নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে **ধাতুর অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন** করে। গ্রুপ-IIA ধাতুগুলোর আয়নের দুটি করে ধনাত্মক চার্জ দ্বারা নাইট্রেট ($NO_3^-$) আয়নের অধিক পরিমাণে পোলারায়ন ঘটে। তাই সহজে বিযোজিত হয়।

$$2M(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2MO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g) \quad [M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba]$$

$$2Mg(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2MgO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

**এ পার্থক্যের কারণ হচ্ছে** নাইট্রেটসমূহ উত্তাপে প্রথমে নাইট্রাইট লবণে ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।

$$2MNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2MNO_2(s) + O_2(g)$$

যদি নাইট্রাইট লবণ তাপীয়ভাবে স্থিতিশীল হয়, অর্থাৎ ক্যাটায়ন দ্বারা বিশেষ পোলারায়িত না হয়, তবে বিক্রিয়া সেখানে বন্ধ হয়; যেমন লিথিয়াম ব্যতীত অন্যান্য ক্ষার ধাতুর নাইট্রেট লবণের ক্ষেত্রে হয়েছে।

অপরদিকে নাইট্রাইট লবণ তাপীয়ভাবে স্থিতিশীল না হলে অর্থাৎ ক্যাটায়ন দ্বারা অধিক পোলারায়িত হলে তখন তা সৃষ্টি হওয়ার সাথে সাথে বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ফলে নিট বিক্রিয়া নিম্নরূপ হয় ঃ $2M(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2MO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$ এখানে M = দ্বিযোজী ক্যাটায়ন।

**গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA-এর ধাতুর নাইট্রেটের তাপসহতার তুলনা ঃ** গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA এর ধাতুর নাইট্রেট লবণ প্রথমে তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতব নাইট্রাইট ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। পরে লিথিয়াম ব্যতীত অন্যান্য **ক্ষারধাতুর নাইট্রাইট তাপীয়ভাবে স্থিতিশীল** থাকে। কিন্তু লিথিয়াম এবং মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের নাইট্রাইট উত্তাপে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। **নাইট্রাইটসমূহের স্থিতিশীলতার এ পার্থক্যের কারণ হচ্ছে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের পোলারায়ন।**

(১) ক্যাটায়নের চার্জ বা চার্জ ঘনত্ব যত বেশি হয়, নাইট্রাইট অ্যানায়ন তত বেশি পোলারায়িত বা বিকৃত হয়, ফলে স্থিতিশীলতা তত কমে। $4LiNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2Li_2O(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$

(২) গ্রুপ-IA মৌলের ক্যাটায়নে চার্জ হল এক একক। তাই এ সব ক্যাটায়ন নাইট্রাইট অ্যানায়নকে পর্যাপ্তরূপে বিকৃত করতে পারে না। তাই এ সব ক্যাটায়নের নাইট্রাইট বিযোজিত হয় না।

$$2NaNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2NaNO_2(s) + O_2(g)$$

(৩) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের ক্যাটায়নসমূহের চার্জ হচ্ছে ২ একক। সুতরাং এ সব ক্যাটায়ন দ্বারা নাইট্রাইট অ্যানায়ন ($NO_2^-$) বেশি পোলারায়িত হয়। ফলে উত্তাপে এ নাইট্রাইট অ্যানায়ন বিযোজিত হয়।

$$2Ca(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2CaO(s) + 4NO_2 + O_2(g)$$

http://pdfcorner.com

**(খ) কার্বনেটসমূহের তাপসহতা ঃ** একমাত্র লিথিয়াম কার্বনেট ব্যতীত গ্রুপ-IA এর অন্যান্য ধাতুর কার্বনেট তাপ প্রয়োগে সহজে বিযোজিত হয় না। কিন্তু লিথিয়াম কার্বনেট উত্তাপে লিথিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে বিযোজিত হয়। কারণ $Li^+$ আয়নের আকার ছোট হওয়ায় এর ধনাত্মক চার্জ ঘনত্ব বেশি হয়। তাই এটি দ্বারা $CO_3^{2-}$ আয়নের পোলারায়ন বেশি ঘটে। ফলে $Li_2CO_3$ এর তাপসহতা হ্রাস পায় এবং তাপে সহজে বিযোজিত হয়।

$$Li_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Li_2O(s) + CO_2(g)$$

অনুরূপভাবে গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের দ্বিধনাত্মক চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন দ্বারা কার্বনেট আয়ন অধিক পোলারায়িত হয়ে তাপসহতা হ্রাস পায়, তাই গ্রুপ-IIA এর ধাতুগুলোর কার্বনেটও তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইডও $CO_2$ এ পরিণত হয়।

$$MCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MO(s) + CO_2(g) \qquad [M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba]$$
$$BeCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} BeO(s) + CO_2(g)$$
$$MgCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MgO(s) + CO_2(g)$$

**গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA ধাতুর কার্বনেটের তাপসহতার তুলনা ঃ** বিভিন্ন ক্যাটায়ন কর্তৃক কার্বনেট আয়নের পোলারায়নের কারণে তাদের তাপসহতা ভিন্ন ভিন্ন হয়। (১) গ্রুপ-IA মৌলসমূহের ক্যাটায়নের চার্জ মাত্র এক একক হওয়ায় তারা কার্বনেট আয়নকে পর্যাপ্তরূপে বিকৃত বা পোলারায়িত করতে পারে না; তাই তাদের কার্বনেট উত্তাপে বিযোজিত হয় না। কিন্তু ক্ষুদ্র আকারের $Li^+$ আয়ন এক একক চার্জবিশিষ্ট হওয়া সত্ত্বেও তার চার্জ ঘনত্ব বেশি হওয়ায় তা কার্বনেট আয়নকে এতটা বিকৃত বা পোলারায়িত করে যে, তা উত্তাপে বিযোজিত হয়।

(২) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের ক্যাটায়ন দুই একক ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট হওয়ায় তারা কার্বনেট আয়নকে যথেষ্ট বিকৃত বা পোলারায়িত করে, ফলে তাদের কার্বনেটসমূহ উত্তাপে বিযোজিত হয়। যেমন,

$$MgCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MgO(s) + CO_2(g)$$
$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

(৩) আবার ক্যাটায়নের আকার যত বাড়ে, তা অ্যানায়নকে তত কম বিকৃত বা পোলারায়িত করতে পারে। একই গ্রুপে যতই নিচের দিকে যাওয়া যায়, ততই ক্যাটায়নের আকার বাড়ে। সুতরাং গ্রুপ-IIA ক্যাটায়নসমূহের আকার নিম্নক্রম অনুযায়ী বাড়ে এবং তাদের দ্বারা কার্বনেট আয়নের পোলারায়ন করার ক্ষমতা একই ক্রম অনুযায়ী কমে।

**ক্যাটায়নের আকার ঃ** $Be^{2+} < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Sr^{2+} < Ba^{2+}$

**পোলারায়ন ক্ষমতা ঃ** $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

সুতরাং এটি প্রত্যাশিত যে $BeCO_3$ তাপে সবচেয়ে অস্থিতিশীল হবে, $MgCO_3$ তার চেয়ে কিছুটা স্থিতিশীল এবং এভাবে স্থিতিশীলতা বাড়তে বাড়তে $BaCO_3$ সবচেয়ে বেশি স্থিতিশীল হবে। প্রকৃতপক্ষে দেখা যায় যে, এ সব কার্বনেটের বিযোজন তাপমাত্রা নিম্নরূপ, যা উপরিউক্ত বক্তব্যকে প্রমাণ করে।

$BeCO_3 = 100^\circ C$, $MgCO_3 = 350^\circ C$, $CaCO_3 = 547^\circ C$, $SrCO_3 = 778^\circ C$, $BaCO_3, = 998^\circ C$।

## ১৬.১৫। মৌলের কর্ণ সম্পর্ক
### Diagonal Relationship of the Elements

পর্যায় সারণির **দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত** বিভিন্ন গ্রুপের মৌলসমূহের ধর্ম একই গ্রুপভুক্ত মৌলের চেয়ে পরবর্তী **তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত** তাদের ডানদিকের মৌলের সাথে অর্থাৎ কোনাকুনিভাবে অবস্থিত মৌলের ধর্মের সাথে অধিকতর মিল দেখা যায়। এ দুটি পর্যায়ের মধ্যে কোনাকুনি অবস্থানের দুটি মৌলের ধর্মের সাদৃশ্যকে **মৌলের কর্ণ সম্পর্ক** বলে। যেমন, দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-IA এর মৌল Li এর সাথে তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-IIA এর মৌল Mg এর ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। অনুরূপভাবে Be এর সাথে Al এবং B এর সাথে Si এর ধর্মে বেশ সাদৃশ্য রয়েছে। তাদেরকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।

| গ্রুপসমূহ ⟶ | IA | IIA | IIIA | IVA |
|---|---|---|---|---|
| ২য় পর্যায় ⟶ | Li | Be | B | C |
| ৩য় পর্যায় ⟶ | Na | Mg | Al | Si |



http://pdfcorner.com

**কর্ণ সম্পর্কিত মৌলসমূহ ( Li ও Mg; Be ও Al; B ও Si ) এর ধর্মে সাদৃশ্যের কারণ ঃ**

(১) **আয়নিক ব্যাসার্ধ ঃ** প্রতি জোড়া মৌলের পরমাণুর আয়নিক ব্যাসার্ধ খুব কাছাকাছি হয়। যেমন– $Li^+$ = 0.068 nm এবং $Mg^{2+}$ = 0.078 nm. ; $Be^{2+}$ = 0.034nm এবং $Al^{3+}$ = 0.050nm

(২) **আয়নীকরণ শক্তি ঃ** তাদের আয়নীকরণ শক্তির পরিমাণ প্রায় কাছাকাছি। যেমন, Li ও Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি যথাক্রমে 520 $kJmol^{-1}$ ও 738 $kJmol^{-1}$। Be ও Al এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি যথাক্রমে 899 $kJmol^{-1}$ও 578 $kJmol^{-1}$।

(৩) **তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব কম। যেমন Li ও Mg এর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 1.0 ও 1.2। Be ও Al এর তড়িৎ ঋণাত্মক হল যথাক্রমে 1.5 ও 1.5।

(৪) **আয়নিক চার্জের ঘনত্ব ঃ** তাদের আয়নিক চার্জের ঘনত্ব পরস্পরের কাছাকাছি।

(৫) **পোলারিকরণ ক্ষমতা ঃ** তাদের পোলারিকরণ ক্ষমতা প্রায় সমান হয়।

## ১৬·১৬। কিছু s-ব্লক মৌলের প্রধান উৎস
### Principal Sources of some s-block Elements

s–ব্লক মৌলসমূহ অর্থাৎ ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ অত্যন্ত সক্রিয়। তাই প্রকৃতিতে আয়নিক যৌগরূপে থাকে। ভূত্বকে প্রাপ্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম যৌগসমূহের পরিমাণ উল্লেখযোগ্য। ভূত্বকের উপাদানের শতকরা হারে তাদের অবস্থানের অনুপাত হল–সোডিয়াম 2.4%, পটাসিয়াম 2.35%, ম্যাগনেসিয়াম 2.35% ও ক্যালসিয়াম 3.25%। এখানে নিম্নের চারটি গুরুত্বপূর্ণ মৌলের উৎস উল্লিখিত হয়েছে।

**(ক) সোডিয়ামের উৎস ঃ** সোডিয়ামের উৎসের মধ্যে নিম্নোক্ত খনিজ প্রধান ঃ

| | | | |
|---|---|---|---|
| (১) রক সল্ট | (Rock salt) | ঃ | $NaCl$ |
| (২) চিলি সল্ট পিটার | (Chili salt petre) | ঃ | $NaNO_3$ |
| (৩) ন্যাট্রোন | (Natron) | ঃ | $Na_2CO_3.H_2O$ |
| (৪) বোরাক্স | (Borax) | ঃ | $Na_2B_4O_7.10H_2O$ |

**(খ) পটাসিয়ামের উৎস ঃ** খনিজ উৎস পটাসিয়ামের প্রধান হচ্ছে ঃ

| | | | |
|---|---|---|---|
| (১) সিলভাইট | (Sylvite) | ঃ | $KCl$ |
| (২) সল্টপিটার | (Salt petre) | ঃ | $KNO_3$ |
| (৩) কারনালাইট | (Carnallite) | ঃ | $KCl.MgCl_2.6H_2O$. |
| (৪) ফেল্‌স্‌পার | (Felspar) | ঃ | $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$. |
| (৫) ক্যানাইট | (Kaenite) | ঃ | $MgSO_4.KCl.3H_2O$. |

**(গ) ম্যাগনেসিয়ামের উৎস ঃ** ম্যাগনেসিয়ামের উল্লেখযোগ্য খনিজসমূহ হচ্ছে ঃ

| | | | |
|---|---|---|---|
| (১) ম্যাগনেসাইট | (Magnesite) | ঃ | $MgCO_3$ |
| (২) ডলোমাইট | (Dolomite) | ঃ | $MgCO_3.CaCO_3$ |
| (৩) কিসেরাইট | (Keserite) | ঃ | $MgSO_4.H_2O$. |
| (৪) কারনালাইট | (Carnallite) | ঃ | $KCl.MgCl_2.6H_2O$ |
| (৫) ইপসোমাইট | (Epsomite) | ঃ | $MgSO_4.7H_2O$. |
| (৬) ক্যানাইট | (Kaenite) | ঃ | $MgSO4.KCl.3H_2O$. |
| (৭) অ্যাসবেস্টস | (Asbestos) | ঃ | $Mg_3Ca(SiO_3)_4$. |
| (৮) ইপ্‌সন লবণ | (Epson Salt) | ঃ | $MgSO_4.7H_2O$ |

**(ঘ) ক্যালসিয়ামের উৎস ঃ** ক্যালসিয়ামের উল্লেখযোগ্য খনিজসমূহ হচ্ছে ঃ

| | | | |
|---|---|---|---|
| (১) চুনাপাথর | (Lime stone) | ঃ | $CaCO_3$ [ মার্বেল পাথর ] |
| (২) অ্যানহাইড্রাইট | (Anhydrite) | ঃ | $CaSO_4$ |
| (৩) জিপসাম | (Gypsum) | ঃ | $CaSO_4.2H_2O$ |
| (৪) ডলোমাইট | (Dolomite) | ঃ | $CaCO_3.MgCO_3$ |
| (৫) ফ্লোরস্পার | (Fluorspar) | ঃ | $CaF_2$ |
| (৬) ফসফোরাইট | (Phosphorite) | ঃ | $Ca_3(PO_4)_2$ |

http://pdfcorner.com

## ১৬·১৭। গ্রুপ-IA ও IIA মৌলসমূহের যৌগের শিখার বর্ণ
### Colour of the Flame of Compounds of Group-IA and IIA Metals

s- ব্লক ধাতুর ক্লোরাইড লবণসমূহ বুনসেন দীপ শিখায় উদ্বায়ী এবং অনুজ্জ্বল বর্ণহীন শিখায় বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যমূলক বর্ণ সৃষ্টি করে। তাই পরীক্ষাগারে ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুর যৌগকে গাঢ় **HCl-এ সিক্ত করে বুনসেন দীপ শিখায় উত্তপ্ত করলে ধাতব যৌগটি উদ্বায়ী ধাতব ক্লোরাইডে** পরিণত হয়। শিখার উত্তাপে ধাতব ক্লোরাইডের ধাতব আয়ন উত্তপ্ত হলে আলোর নির্দিষ্ট তরঙ্গ শোষিত হয়। তখন এর ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত হয়। এ অবস্থায় আয়ন স্থিতিশীল নয়। পরে ঐ ইলেকট্রন যখন নিম্নশক্তিস্তরে ফিরে আসে তখন বিকিরিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বর্ণালীর দৃশ্যমান অঞ্চলে থাকলে সে অনুসারে শিখায় বর্ণ দেখা দেয়। এ বর্ণ দ্বারা ধাতব আয়ন বা ধাতব মৌলকে সহজে শনাক্ত করা যায়। এটিকে **ক্ষারকীয় মূলকের শিখা পরীক্ষা** বলে।

**সারণি ১৬.৩ ঃ গ্রুপ-IA ও IIA এর ধাতব আয়ন দ্বারা সৃষ্ট বর্ণ।**

| শ্রেণী | ধাতুসমূহ | | শিখায় সৃষ্ট বর্ণ (খালি চোখে দেখা) | |
|---|---|---|---|---|
| গ্রুপ IA | লিথিয়াম, | Li | উজ্জ্বল লাল, ক্রিমসন বা সূর্যাস্তের বর্ণ | (bright crimson) |
| | সোডিয়াম, | Na | উজ্জ্বল সোনালী হলুদ | (bright golden yellow) |
| | পটাশিয়াম, | K | বেগুনি | (violet) |
| | রুবিডিয়াম, | Rb | লালচে বেগুনি | (red-violet) |
| | সিজিয়াম, | Cs | নীল | (blue) |
| গ্রুপ-II A | ক্যালসিয়াম, | Ca | ইটের ন্যায় লাল বর্ণ (অস্থায়ী) | (brick red) |
| | স্ট্রনসিয়াম, | Sr | উজ্জ্বল লাল, ক্রিমসন | (crimson) |
| | বেরিয়াম, | Ba | হলুদাভ সবুজ | (yellowish green) |

বেরিলিয়াম (Be) ও ম্যাগনেসিয়াম (Mg) শিখায় কোন বর্ণ সৃষ্টি করে না। Be ও Mg পরমাণুগুলো তুলনামূলকভাবে ক্ষুদ্রাকার হওয়ায় তাদের নিউক্লিয়াস দ্বারা ইলেকট্রন দৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট থাকে। তাই বুনসেন দীপের শিখায় উত্তপ্ত করলে তাদের পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত হয় না। অর্থাৎ **$Be^{2+}$ ও $Mg^{2+}$ এর বেলায় তাদের ইলেকট্রন দ্বারা দীপ শিখার আলোর নির্দিষ্ট তরঙ্গ শোষিত হয় না বলে শিখায় কোন বর্ণ সৃষ্টি হয় না।**

## ১৬·১৮। s-ব্লক ধাতুর শিল্প উৎপাদন
### Industrial Production of s-block Metals and some of their Compounds

**(ক) ক্ষার ধাতু নিষ্কাশনের মূলনীতি ঃ** সোডিয়াম হল s- ব্লকের মৌল। s- ব্লকের অন্যান্য ধাতুর মত সোডিয়ামের খনিজগুলো হল আয়নিক যৌগ। s ব্লকের যে কোন ধাতুকে (M) নিষ্কাশন করতে হলে তাদের গলিত আয়নিক যৌগের আয়নকে বিজারিত করতে হয়। যেমন,

$M^+ + e^- \longrightarrow M$, যেমন, $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$

$M^{2+} + 2e^- \longrightarrow M$, যেমন, $Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$

কিন্তু s-ব্লক ধাতুসমূহের অবস্থান তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজে সর্বোচ্চ স্থানে এবং তাদের **সর্বাধিক ঋণাত্মক** তড়িৎদ্বার বিভব থাকায় কোন বিজারক পদার্থ যেমন **উত্তপ্ত কার্বন গুঁড়া বা CO গ্যাস দ্বারা ক্ষার ধাতুর অক্সাইড যেমন $Na_2O$ অথবা ক্ষার ধাতুর আয়নকে বিজারিত করার ক্ষমতা রাখে না।** তাই একমাত্র তড়িৎ বিজারণ পদ্ধতিতে s-ব্লকের ধাতুসমূহকে নিষ্কাশন করা সম্ভব। এজন্য গলিত যৌগের তরলকে [জলীয় দ্রবণকে নয়] তড়িৎ বিশ্লেষণ করতে হয়।

ক্ষার ধাতুর যৌগের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে ধাতব আয়নের পরিবর্তে হাইড্রোজেন আয়ন বিজারিত হয়। তাই ক্ষার ধাতু উৎপন্ন হয় না।

$NaCl(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq) + H^+(aq) + OH^-(aq)$

$H^+(aq) + e^- \longrightarrow \frac{1}{2}H_2(g)$; $E^\circ = 0.00\ V$

$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$; $E^\circ = -2.714\ V$

যেহেতু ধাতব আয়নের চেয়ে $H^+$-এর বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব (বা বিজারণ ইলেকট্রোড পটেনসিয়াল) কম।

http://pdfcorner.com

## ১। সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন ঃ আধুনিক ডাউন পদ্ধতি

**মূলনীতি ঃ** আধুনিক ডাউন পদ্ধতিতে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$NaCl(l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$$

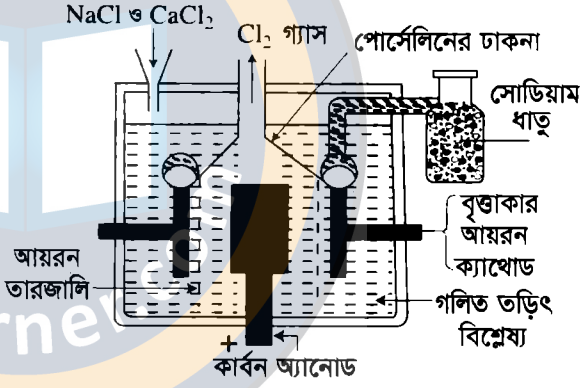
**ক্যাথোডে বিজারণ ঃ** $Na^+(l) + e^- \longrightarrow Na(l)$

**অ্যানোডে জারণ ঃ** $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

NaCl-এর গলনাঙ্ক 815°C। এত উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতু (স্ফুটনাঙ্ক 883°C) বাষ্পীভূত হয়ে থাকে। তাই NaCl এর সাথে বিগালক রূপে $CaCl_2$ মিশ্রিত করলে 600°C তাপমাত্রায় NaCl এর বিগলিত তরল উৎপন্ন হয়। ফলে বিভিন্ন অসুবিধা দূর হয়। এ নিম্নতর তাপমাত্রা বহাল রাখা কম ব্যয়সাধ্য। এ মিশ্রণ ক্ষয়কারক নয়। এ তাপমাত্রায় সোডিয়াম ধাতু সোডিয়াম ক্লোরাইডে প্রায় অদ্রবণীয় এবং উৎপন্ন সোডিয়ামের বাষ্পচাপ [ মাত্র 15 mm (Hg) ] অনেক কম।

**পদ্ধতির বর্ণনা ঃ** লোহার তৈরি একটি ট্যাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইড (42%) ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (58%) একটি মিশ্রণ নিয়ে বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে 600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে গলানো হয়। একটি শক্ত ও প্রশস্ত গ্রাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসেবে ট্যাংকের নিচ থেকে ভেতরের দিকে প্রবেশ করানো থাকে। এই অ্যানোডকে বেষ্টন করে কিছু দূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে।

ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত করে রাখা হয়। এ ঢাকনার উপরে একটি পাইপ থাকে, যেন উৎপন্ন সোডিয়াম এ পাইপ দিয়ে বাইরে কেরোসিন পূর্ণ পাত্রে জমা হয়। পোর্সেলিনের একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনাকে অ্যানোডের ঠিক উপরে রাখা হয়। এর ভেতর দিয়ে উৎপন্ন $Cl_2$ গ্যাস বের হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোডের মাঝখানে একটি তারজালি থাকে, যেন ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যেতে না পারে। এ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন বিজারিত হয়ে সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। অপরদিকে অ্যানোডে ক্লোরাইড আয়ন জারিত হয়ে ক্লোরিন গ্যাস নির্গমপথে বের হয়।




চিত্র ১৬.১ ঃ গলিত NaCl থেকে সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন।

তড়িৎ বিশ্লেষণ চলার সময় লোহার ট্যাংকের উপরের একটি পথ দিয়ে নতুন NaCl যোগ করে গলিত মিশ্রণের পরিমাণ একই রাখা হয়। সমগ্র প্রক্রিয়াটি অবিচ্ছিন্নভাবে চলে এবং এরূপ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষটি প্রায় ১ বছর কর্মক্ষম থাকে।

**সোডিয়াম ধাতু সংরক্ষণ ঃ** সোডিয়াম ধাতুকে নিষ্ক্রিয় তরল কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়।

**সোডিয়াম ধাতুকে বায়ুতে ও পানিতে রাখা যায় না। কারণ—**

(i) সোডিয়াম ধাতু অত্যন্ত সক্রিয় ক্ষারধাতু হওয়ায় এটিকে বায়ুতে রাখলে বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে $Na_2O$ উৎপন্ন করে, যা জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়ায় NaOH এ পরিণত হয়। পরে NaOH বায়ুর $CO_2$ এর সাথে বিক্রিয়ায় $Na_2CO_3$ উৎপন্ন করে। তাই Na ধাতুকে বায়ুতে রাখা যায় না।

$$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O;\ Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

$$2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

(ii) সোডিয়াম ধাতুকে পানিতে রাখলে এটি পানির সাথে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে NaOH ক্ষার ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। তাই Na ধাতুকে পানিতে রাখা যায় না। এ সব কারণে নিষ্ক্রিয় দ্রাবক কেরোসিনের মধ্যে Na ধাতুকে সংরক্ষণ করা হয়।

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$$

http://pdfcorner.com

## ১৬.১৮.১। সোডিয়াম ধাতুর ব্যবহার
**Uses of Sodium**

১। পেট্রোল-জ্বালানির অ্যান্টি-নক যেমন টেট্রা-ইথাইল লেড, $Pb(C_2H_5)_4$ প্রস্তুতিতে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। [এটি ইথাইল ক্লোরাইড ও সোডিয়াম-লেড সংকরের বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রস্তুত করা হয় ঃ]

$$4C_2H_5Cl + 4Na.Pb \longrightarrow Pb(C_2H_5)_4 + 4NaCl + 3\,Pb$$

২। অতীব শক্তিশালী বিজারক রূপে দুষ্প্রাপ্য ধাতু যেমন, টাইটেনিয়াম (Ti), জির্কোনিয়াম (Zr), টাংস্টেন (W) প্রভৃতির নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়। [ যথা ঃ $TiCl_4 + 4Na \longrightarrow Ti + 4NaCl$ ]

৩। সোডিয়াম পারঅক্সাইড, সোডামাইড, সোডিয়াম সায়ানাইড ইত্যাদি প্রস্তুত করতে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়।

৪। শক্তিশালী বিজারক হিসেবে ওষুধ, রঞ্জক, কৃত্রিম রবার প্রভৃতি দ্রব্য প্রস্তুতিতে।

৫। কতিপয় ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে ( যেমন সোডিয়াম অ্যামালগাম, Na.Hg ) Na ধাতু ব্যবহৃত হয়।

৬। বেনজিন, অ্যালকোহল প্রভৃতি যৌগকে পানি মুক্ত করতে।

৭। লেসাইন পরীক্ষায় জৈব যৌগে N, S, X ইত্যাদি শনাক্ত করার কাজে পরীক্ষাগারে Na ধাতু ব্যবহৃত হয়।

৮। তাপ পরিবাহক হিসেবে পারমাণবিক চুল্লিতে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়।

৯। কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতেও সোডিয়ামের প্রয়োজন হয়।

১০। বোরন ও সিলিকন নিষ্কাশনে এর প্রয়োজন হয়।

## ১৬.১৯। কস্টিক সোডার উৎপাদন ঃ ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ
**Manufacture of Caustic Soda : Electrolysis of Brine**

**মূলনীতি ঃ** সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্য লবণ (NaCl) এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে ব্রাইন বলে। এই দ্রবণে NaCl সোডিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন রূপে পৃথক হয়। একই সাথে পানিও কিছুটা বিয়োজিত হয়। যেমন,

$$NaCl\,(aq) \longrightarrow Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

$$H_2O\,(l) \rightleftharpoons H^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

NaCl-এর জলীয় দ্রবণে $Na^+$, $Cl^-$, $H^+$ এবং $OH^-$ বর্তমান থাকে। NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করলে দ্রবণে উপস্থিত ধনাত্মক সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) ও হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয়; $H^+$ এর বিজারণ বিভব বেশি হওয়ায় ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং $H_2$ গ্যাসে পরিণত হয়। কিন্তু ব্রাইনে $OH^-$ আয়নের তুলনায় $Cl^-$ আয়নের ঘনমাত্রা অনেক বেশি হওয়ায় অ্যানোডে $OH^-$ আয়ন জারিত না হয়ে $Cl^-$ আয়ন জারিত হয়ে $Cl_2$ গ্যাসরূপে মুক্ত হয়।

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2H^+\,(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2\,(g)$

অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^-\,(aq) \longrightarrow Cl_2\,(g) + 2e^-$

ক্যাথোডের কাছে দ্রবণে ক্রমাগতভাবে সঞ্চিত $Na^+$ আয়ন ও $OH^-$ আয়ন সংযোগে NaOH উৎপন্ন হয়।

$$Na^+\,(aq) + OH^-(aq) \rightarrow NaOH\,(aq)$$

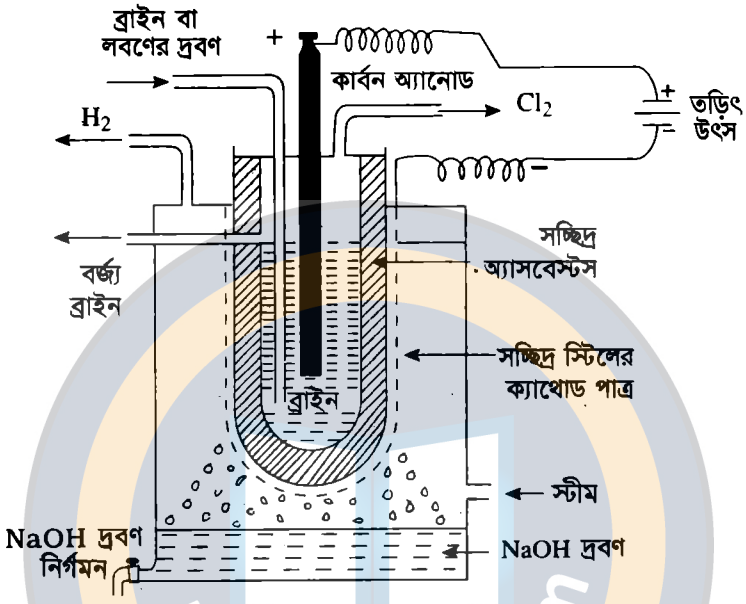
**অসুবিধা ঃ** এ প্রক্রিয়ার অসুবিধা হল অ্যানোডে উৎপন্ন $Cl_2$ গ্যাস এবং ক্যাথোডে উৎপন্ন NaOH দ্রবণ পরস্পরের সংস্পর্শে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaClO) সৃষ্টি করে। ফলে NaOH এর অপচয় ঘটে।

$$2NaOH\,(aq) + Cl_2\,(aq) \xrightarrow{25^\circ C} NaCl\,(aq) + NaClO\,(aq) + H_2O\,(l)$$

**অপচয় রোধ ঃ** NaOH এর এরূপ অপচয় রোধ করার জন্য বিশেষ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ যেমন নেলসন সেলে ক্যাথোড ও অ্যানোডকে পরস্পর থেকে অ্যাস্‌বেস্টস কাগজের ডায়াফ্রাম বা পর্দা দ্বারা পৃথক করে রাখা হয়।

http://pdfcorner.com

**নেলসন সেলের বর্ণনা ঃ** নেলসন সেলে ক্যাথোড হিসেবে একটি ইস্পাত নির্মিত সচ্ছিদ্র U-আকারের পাত্র থাকে। এই ক্যাথোড সেলের পাত্রে ভেতরের দিকে একটি পাতলা অ্যাসবেস্টস ডায়াফ্রাম বা পর্দা সংলগ্ন থাকে। সেলের উপরের দিক থেকে একটি গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোডরূপে জুলানো থাকে। সমগ্র পাত্রটিকে স্টিল নির্মিত একটি চতুষ্কোণ ট্যাংকে রাখা হয়। U-পাত্রের ভেতরের অংশ হল অ্যানোড কক্ষ ও বাইরের অংশ ক্যাথোড কক্ষ। [চিত্র ঃ ১৬.২]




চিত্র ১৬.২ ঃ নেলসন সেলে কস্টিক সোডা উৎপাদন।

U-অংশটির উপরিভাগে একটি প্রবেশ নল থাকে। এই নল দিয়ে বিশুদ্ধ NaCl দ্রবণ যোগ করা হয় এবং এটি সব সময় একটি নির্দিষ্ট লেভেলে রাখা হয়। তারপর সেলের ইলেকট্রোড দুটি যথারীতি তড়িৎ উৎসের সাথে সংযুক্ত করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। তড়িৎ চালনার সাথে সাথে ট্যাংকের প্রবেশ নল দিয়ে স্টিমও চালনা করা হয়।

**সেলের কার্যক্রম ঃ** NaCl দ্রবণ নিজের ভারে অ্যাসবেস্টসের ছিদ্র দিয়ে চুইয়ে ক্যাথোডের সচ্ছিদ্র গাত্রে পৌঁছে। এরূপে দ্রবণের সাথে ক্যাথোডের বৈদ্যুতিক সংযোগ সৃষ্টি হয়। ফলে NaCl-এর তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে। অ্যানোডে কেবলমাত্র $Cl^-$ আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় এবং U-অংশের নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে যায়। $Na^+$ ও পানি সচ্ছিদ্র অ্যাসবেস্টসের ভেতর দিয়ে ক্যাথোডে পৌঁছে, ক্যাথোডে হাইড্রোজেন আয়ন (পানি থেকে) চার্জমুক্ত হয়ে $H_2$ গ্যাসে পরিণত হয় এবং এটাও U-অংশের বাইরের উপরের নির্গম নল দিয়ে বের হয়। দ্রবণের হাইড্রক্সাইড আয়ন ($OH^-$) সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$)-এর সাথে যুক্ত হয়ে NaOH উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NaOH দ্রবণ ক্যাথোডের ছিদ্র পথে বের হয়ে সেলের নিচের অংশে সঞ্চিত হয় এবং কিছু সময় পর পর এখান থেকে NaOH দ্রবণ বের করে নিয়ে শুষ্ক করে কঠিন কস্টিক সোডা তৈরি করা হয়।

ক্যাথোডের বাইরে স্টিম পরিচালনা করা হয়। এতে তড়িৎ পরিবাহী দ্রবণ গরম থাকে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহে কোন বাধার সৃষ্টি করে না। তাছাড়া পর্দার ছিদ্রগুলোতে জমে থাকা NaOH কে পরিষ্কার রাখতেও এটি সাহায্য করে।

**বিক্রিয়া ঃ** $NaCl\ (aq) \longrightarrow Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$; $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

গ্রাফাইট অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^-\ (aq) \longrightarrow Cl_2\ (g) + 2e^-$

স্টিল ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2H^+\ (aq) + 2e^- \longrightarrow H_2\ (g)$

ক্যাথোডের তলদেশে ঃ $Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \longrightarrow NaOH\ (aq)$

http://pdfcorner.com

## ১৬.১৯.১। কস্টিক সোডার রাসায়নিক ধর্ম
**Properties of NaOH**

**(১) ক্ষারকীয় ধর্ম ঃ** কস্টিক সোডা (NaOH) একটি সবল ক্ষারক। তাই বিভিন্ন অম্ল ও অম্লধর্মী অক্সাইডের সাথে NaOH এর বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়।

$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$ | $2NaOH + SO_2 \longrightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

$2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$ | $2NaOH + SO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$

**(২) হ্যালোজেনসহ বিক্রিয়া ঃ** শীতল ও লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণে হ্যালোজেন যেমন ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaOCl) লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। কিন্তু উত্তপ্ত ও গাঢ় NaOH দ্রবণে $Cl_2$ গ্যাস চালনা করলে সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরেট ($NaClO_3$) লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়।

**শীতল ও লঘু NaOH সহ ঃ** $NaOH(aq) + Cl_2(g) \xrightarrow{25°C} NaCl(aq) + NaOCl(aq) + H_2O(l)$

**উত্তপ্ত ও গাঢ় NaOH সহ ঃ** $6NaOH(conc) + 3Cl_2(g) \xrightarrow[\Delta]{70°C} 5NaCl(aq) + NaClO_3(aq) + 3H_2O(l)$

**(৩) ধাতব লবণের বিভিন্ন বিক্রিয়া ঃ**

**(ক) কপার লবণ যেমন $CuSO_4$, আয়রন লবণ যেমন $FeSO_4$, $FeCl_3$ ইত্যাদির দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করলে অদ্রবণীয় ও বর্ণযুক্ত ধাতব হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।**

$CuSO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{হালকা নীল}}{Cu(OH)_2(s)} + Na_2SO_4(aq)$

$FeSO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{সবুজ}}{Fe(OH)_2(s)} + Na_2SO_4(aq)$

$FeCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{লালচে খয়েরি}}{Fe(OH)_3(s)} + 3NaCl(aq)$

**(খ) জিংক লবণ যেমন $ZnSO_4$, অ্যালুমিনিয়াম লবণ যেমন $AlCl_3$ এর দ্রবণে NaOH দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করলে প্রথমে ধাতব হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় যা অধিক পরিমাণ NaOH দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় সোডিয়াম জিংকেট ও সোডিয়াম অ্যালুমিনেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।**

**Zn লবণসহ ঃ** $ZnSO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Zn(OH)_2(s) + Na_2SO_4(aq)$

$\underset{\text{উভধর্মী}}{Zn(OH)_2(s)} + 2NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম জিংকেট}}{Na_2ZnO_2(aq)} + 2H_2O(l)$

**Al লবণসহ ঃ** $AlCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s) + 3NaCl(aq)$

$\underset{\text{উভধর্মী}}{Al(OH)_3(s)} + NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{NaAlO_2(aq)} + 2H_2O(l)$

**(গ) সিলভার লবণ যেমন $AgNO_3$ ও মারকারি লবণ যেমন $HgCl_2$ ও $Hg_2Cl_2$ এর দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করলে বর্ণযুক্ত ধাতব অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।**

**Ag লবণসহ ঃ** $AgNO_3(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow AgOH(s) + NaNO_3(aq)$

$2AgOH(s) \longrightarrow \underset{\text{খয়েরি বর্ণ}}{Ag_2O(s)} + H_2O(l)$

**Hg লবণসহ ঃ** $\underset{\text{মারকিউরিক ক্লোরাইড}}{HgCl_2(aq)} + 2NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{হলুদ বর্ণ}}{HgO(s)} + 2NaCl(aq) + H_2O(l)$

$\underset{\text{মারকিউরাস ক্লোরাইড}}{Hg_2Cl_2(aq)} + 2NaOH(aq) \longrightarrow \underset{\text{ধূসর বর্ণ}}{Hg_2O(s)} + 2NaCl(aq) + H_2O(l)$

http://pdfcorner.com

## ১৬.১৯.২। সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা কস্টিক সোডার ব্যবহার
**Uses of Caustic Soda**

কস্টিক সোডা অতি প্রয়োজনীয় বাণিজ্যিক পণ্য। শিল্প ক্ষেত্রে কস্টিক সোডার ব্যবহার ব্যাপক। এটা নিম্নলিখিত কাজে ব্যবহৃত হয় ঃ

(১) সাবান, কাগজ, কৃত্রিম রেশম ও সোডিয়াম ধাতু উৎপাদনে;
(২) পেট্রোলিয়াম পরিষ্কারকরণ এবং রাবার পুনরুদ্ধার প্রভৃতিতে;
(৩) ল্যাবরেটরিতে এটা বিকারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়;
(৪) যন্ত্রপাতি, ধাতব শিট প্রভৃতির পরিষ্কারকরণ কাজে;
(৫) অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক বক্সাইটকে বিশোধন করতে ও রাবার তৈরিতে;
(৬) কাগজের মণ্ড তৈরিতে ও বস্ত্র শিল্পে সুতা মার্সেরাইজিং করতে NaOH ব্যবহৃত হয়।

## ১৬.২০.১ ।সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) উৎপাদন
**Manufacture of $Na_2CO_3$**

সোডিয়াম কার্বনেট একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য। বিভিন্ন শিল্পে ও অন্যান্য বহুবিধ প্রয়োজনে এটা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডা অ্যাস্ ($Na_2CO_3$) বলে।

আর্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3.10H_2O$) কে ওয়াশিং সোডা (washing soda) বা কাপড় কাচা সোডা বলা হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্পোৎপাদনের জন্য প্রধানত সল্‌ভে পদ্ধতি বা অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

**সল্‌ভে পদ্ধতি বা অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতিতে সোডা অ্যাস্ বা $Na_2CO_3$ উৎপাদন ঃ**

**মূলনীতি ঃ** সল্‌ভে বা অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতিতে ব্রাইন বা সোডিয়াম ক্লোরাইড NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ থেকে সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা অ্যাস্ প্রস্তুত করা হয়। ব্রাইন বা গাঢ় NaCl দ্রবণকে প্রথমে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয় এরং পরে এতে $CO_2$ গ্যাস চালনা করলে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়। শেষে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে কম দ্রবণীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও $NH_4Cl$ উৎপন্ন করে। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে ছেকে নেওয়ার পর 180° C তাপমাত্রায় ভস্মীভূত করলে এটি বিযোজিত হয়ে সোডা অ্যাস্ বা অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে ($Na_2CO_3$) পরিণত হয়।

$$NH_3\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow NH_4OH\,(aq)$$
$$2NH_4OH\,(aq) + CO_2\,(g) \longrightarrow (NH_4)_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$
$$(NH_4)_2CO_3\,(aq) + CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2NH_4HCO_3\,(aq)$$
$$NaCl\,(aq) + NH_4HCO_3\,(aq) \longrightarrow NaHCO_3\,(s) + NH_4Cl\,(aq)$$
$$2NaHCO_3\,(s) \xrightarrow{\Delta,\,180^\circ C} Na_2CO_3\,(s) + H_2O(g) + CO_2\,(g)$$

এ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত $NH_3$ গ্যাস হেবার সংশ্লেষণ পদ্ধতি থেকে এবং $CO_2$ গ্যাস চুনের ভাটিতে চুনাপাথর ভস্মীকরণে পাওয়া যায়। $CaCO_3\,(s) \xrightarrow{600^\circ C} CaO\,(s) + CO_2\,(g)$

**প্রয়োজনীয় কাঁচামাল ঃ** (ক) ব্রাইন (খ) অ্যামোনিয়া (গ) চুনাপাথর।

**প্রণালীর বর্ণনা ঃ** সমস্ত প্রণালীটিকে কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করা যায়। যেমন,

(i) ব্রাইনকে অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্তকরণ,
(ii) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনের মধ্যে $CO_2$ পরিচালন,
(iii) অধঃক্ষিপ্ত $NaHCO_3$-কে পরিস্রাবণ,
(iv) $NaHCO_3$-এর ভস্মীকরণ,
(v) অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার।

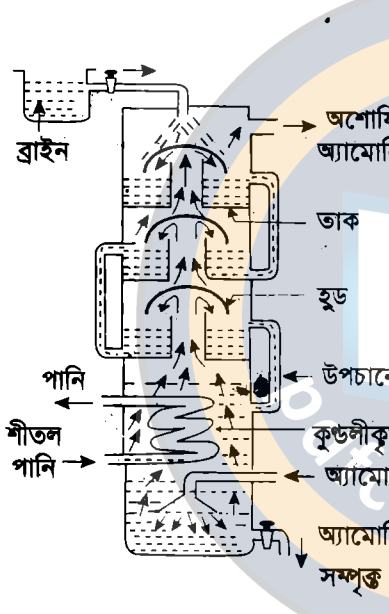
**(i) ব্রাইনকে অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্তকরণ ঃ** মাঝখানে ছিদ্রবিশিষ্ট তাক ও উপচানো নল সজ্জিত লৌহ নির্মিত টাওয়ারের উপর থেকে ব্রাইনের একটি ধারা ধীরে ধীরে নিচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। অপরদিকে টাওয়ারের নিচের দিক থেকে $NH_3$ গ্যাস উপর দিকে চালনা করা হয়। এটাতে $NH_3$ গ্যাস ব্রাইনের মধ্যে উত্তমরূপে

http://pdfcorner.com

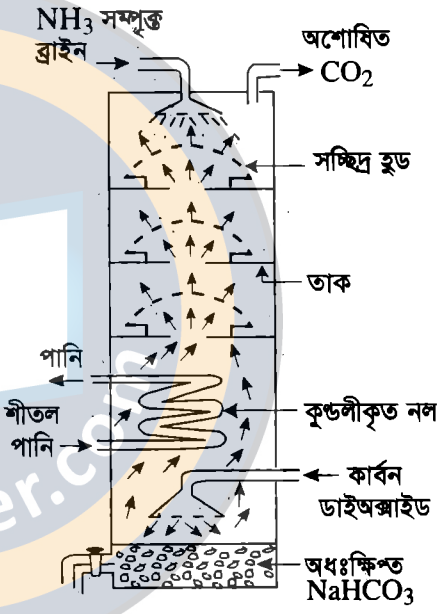
দ্রবীভূত হয়ে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইন উৎপন্ন করে এবং এটি টাওয়ারের নিচে জমা হয়। অ্যামোনিয়া দ্রবণ প্রক্রিয়াটি তাপোৎপাদী হওয়ায় টাওয়ারের নিচের অংশে একটি কুণ্ডলিত নলের ভেতর দিয়ে শীতল পানি প্রবাহিত করে ব্রাইনের তাপমাত্রা 40° – 50°C এ রাখা হয়।

**(ii) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনে $CO_2$ পরিচালনা :** অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনকে লৌহ নির্মিত সলভে কার্বনেটিং টাওয়ারের উপর থেকে নিচের দিকে ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। অপরদিকে একই সময় স্তম্ভের নিচ থেকে $CO_2$ গ্যাস উপরের দিকে পরিচালিত করা হয়। বিপরীতমুখী $CO_2$ গ্যাস অ্যামোনিয়াযুক্ত সম্পৃক্ত ব্রাইনের নিবিড় সংস্পর্শে আসার ফলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং পরে তা সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়া করে কম দ্রবণীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত হয় এবং ছোট ছোট স্ফটিকের আকারে কেলাসিত হয়।

**(iii) অধঃক্ষিপ্ত $NaHCO_3$ এর পরিস্রাবণ :** সলভে টাওয়ারের তলদেশে দ্রবণের সাথে অধঃক্ষেপরূপে সঞ্চিত $NaHCO_3$ কে ঘূর্ণায়মান ফিল্টার-এর সাহায্যে ছেঁকে পৃথক করে লওয়া হয়।




চিত্র ১৬.৩ : ব্রাইনকে অ্যামোনিয়া যোগে সম্পৃক্তকরণ।




চিত্র ১৬.৪ : সলভে টাওয়ার কার্বনেটিং।

**(iv) সোডিয়াম বাইকার্বনেটের ভস্মীকরণ :** প্রাপ্ত $NaHCO_3$ কে ঘূর্ণায়মান চুল্লিতে 180°C তাপমাত্রায় ভস্মীভূত করলে এটি বিযোজিত হয়ে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$), $CO_2$ ও স্টিমে পরিণত হয়।

$$2NaHCO_3\,(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3\,(s) + H_2O\,(l) + CO_2\,(g)$$

উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেটে 99.5% $Na_2CO_3$ থাকে। চুনের ভাটিতে চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করে $CO_2$ উৎপন্ন করা হয়। এই $CO_2$ এর সাথে উপরে ভস্মীকরণে প্রাপ্ত $CO_2$ কে একত্রে সলভে টাওয়ারে প্রেরণ করা হয়।

**(v) অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার :** $NaHCO_3$ ছেঁকে লওয়ার পর পরিস্রুত দ্রবণে $NH_4Cl$, সামান্য পরিমাণে $NaHCO_3$, $NH_4HCO_3$ ও কিছু অপরিবর্তিত NaCl দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রবণকে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার টাওয়ারে নেয়া হয় এবং চুনাপাথর থেকে প্রাপ্ত CaO এর সাথে মিশ্রিত করে স্টিম দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। এতে নিম্নের বিক্রিয়ায় $NH_3$ ও সামান্য $CO_2$ উৎপন্ন হয়।



http://pdfcorner.com

$$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq)$$

$$2NH_4Cl\,(aq) + Ca(OH)_2(aq) \xrightarrow{\Delta} 2NH_3(g) + CaCl_2\,(aq) + 2H_2O\,(g)$$

$$2NaHCO_3\,(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3\,(s) + H_2O\,(g) + CO_2\,(g)$$

$$NH_4HCO_3\,(s) \xrightarrow{\Delta} NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O\,(l)$$

এ রূপে উৎপন্ন $NH_3$ ও $CO_2$ গ্যাস ব্রাইন সম্পৃক্তকরণে ব্যবহৃত হয়।

## ১৬.২০.১। সোডিয়াম কার্বনেটের ব্যবহার
### Uses of Sodium Carbonate

**(১) জানালার কাচ তৈরিতে ঃ** সোডিয়াম কার্বনেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট, সিলিকা এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে সোডিয়াম–ক্যালসিয়াম সিলিকেট বা সোডা কাচ বা সাধারণ কাচ তৈরি করা হয়।

$$Na_2CO_3(s) + SiO_2(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2SiO_3(s) + CO_2(g)$$

$$CaCO_3(s) + SiO_2(s) \xrightarrow{\Delta} CaSiO_3(s) + CO_2(g)$$

**(২) পানি-কাচ তৈরিতে ঃ** সিলিকার সাথে সোডিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করে সোডিয়াম সিলিকেট বা পানি কাচ (water glass) উৎপন্ন করা হয়। এটি দেখতে কাচের মত, তবে পানিতে দ্রবণীয়। ডিম সংরক্ষণে, অগ্নি নিরোধক জিনিসপত্র তৈরিতে এবং সিমেন্ট শিল্পে এটি ব্যবহৃত হয়।

$$Na_2CO_3(s) + SiO_2(s) \longrightarrow Na_2SiO_3(s) + CO_2(g)$$

**(৩) পানিকে খরতা মুক্ত করতে ঃ** পানির খরতার মূল কারণ হচ্ছে তাতে ক্যালসিয়াম আয়ন ও ম্যাগনেসিয়াম আয়নের উপস্থিতি। খরপানিতে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করলে এরা অদ্রবণীয় কার্বনেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca^{2+}\,(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CaCO_3\,(s)$$

**(৪) কাপড় ধোয়ার কাজেঃ** আর্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3.10H_2O$) কাপড় ধোয়ার কাজে ব্যবহৃত হয়।

**(৫) বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনে ঃ** বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনে সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

## ১৬.২১। সোডিয়াম ক্লোরেট (I) বা সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট, NaOCl উৎপাদন
### Manufacture of Sodium Chlorate (I)

সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট বা সোডিয়াম ক্লোরেট (I) নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়।

**(১) ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় NaOCl উৎপাদন ঃ**

**মূলনীতি ঃ** ব্রাইন বা NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে 24°C তাপমাত্রায় তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে সোডিয়াম ক্লোরেট (I) বা সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। ঠান্ডা অবস্থায় ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে উৎপন্ন $Cl_2$ ক্যাথোড অঞ্চলে উৎপন্ন NaOH দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaOCl) উৎপন্ন হয়।

NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণকালে জলীয় দ্রবণে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলো ঘটে।

$$NaCl\,(aq) \longrightarrow Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

$$H_2O\,(l) \rightleftharpoons H^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

অ্যানোডে জারণ ঃ $2Cl^- \longrightarrow Cl_2\,(g) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

ক্যাথোড দ্রবণে ঃ $Na^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \longrightarrow NaOH(aq)$

$$2NaOH\,(aq) + Cl_2(aq) \xrightarrow{24°C} NaOCl(aq) + NaCl\,(aq) + H_2O(l)$$

http://pdfcorner.com

**(২) কস্টিক সোডা ও $Cl_2$ গ্যাস থেকে NaOCl উৎপাদন ঃ**

**মূলনীতি ঃ** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ঠান্ডা লঘু জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করলে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। এভাবে উৎপাদিত যৌগে সোডিয়াম ক্লোরাইড অপদ্রব্য হিসেবে উপস্থিত থাকে।

$$2NaOH(aq) + Cl_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} NaCl(aq) + NaOCl(aq) + H_2O(l)$$

তবে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের অনেক ব্যবহারে সোডিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতি অসুবিধার সৃষ্টি করে না। সে সকল ব্যবহারের জন্য সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটকে এ পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়। আবার NaCl এবং NaOCl এর মিশ্রণ থেকে আংশিক কেলাসন প্রক্রিয়ায় পৃথক করে বিশুদ্ধ সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করা যায়।

**ধর্ম ঃ** সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট উচ্চ তাপমাত্রায় সুস্থিত নয়; তাই 70°C তাপমাত্রায় সেটি বিয়োজিত হয়ে ক্লোরেট ও ক্লোরাইড যৌগে রূপান্তরিত হয়।

$$3NaOCl\ (s) \xrightarrow{70^\circ C} NaClO_3\ (s) + 2NaCl\ (s)$$

এ কারণে এটি তৈরির সময় ঠান্ডা দ্রবণ ব্যবহার করতে হয়। এটি একটি শক্তিশালী জারক এবং বিভিন্ন যৌগকে জারিত করার সময় নিজে বিজারিত হয়ে ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$NaOCl\ (s) \longrightarrow NaCl\ (s) + [O]$$

## ১৬.২১.১। সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের ব্যবহার
### Uses of Sodium hypo chlorite

(১) বিভিন্ন বস্তুকে বর্ণহীন করার জন্য এবং জীবাণুনাশক হিসেবে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ব্যবহৃত হয়।

(২) লন্ড্রিতে কাপড়ের অনাহূত রঙের দাগ দূর করার জন্য যে তরল **বিরঞ্জক** (Liquid bleach) বিরঞ্জন কাজে ব্যবহার করা হয়, তা মূলত 10% NaOCl দ্রবণ।

(৩) সুইমিং পুলের পানির দুর্গন্ধ দূরীকরণে এটি জীবাণুনাশক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে ব্লিচিং পাউডার [$Ca(OCl)_2 . CaCl_2$] এর পরিবর্তে উন্নত দেশসমূহে বর্তমানে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ব্যবহৃত হয়।

(৪) হাইড্রাজিন ($H_2N\text{-}NH_2$) ও কিছু বিশেষ জৈবযৌগ উৎপাদনে NaOCl ব্যবহার করা হয়।

(৫) কাগজের মন্ডকে বর্ণহীন করার কাজে NaOCl ব্যবহৃত হয়।

(৬) লন্ড্রিতে, সুইমিং পুলে, মিউনিসিপাল এলাকায় পানি সরবরাহে, পয়ঃপ্রণালী স্বাস্থ্যসম্মত রাখতে সোডিয়াম ক্লোরেট (I) ব্যবহৃত হয়।

## ১৬.২২। ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপোক্লোরাইট Ca(OCl)Cl উৎপাদন
### Manufacture of Bleaching Powder

বাণিজ্যিকভাবে সুপরিচিত জীবাণুনাশক ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম হল ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপো-ক্লোরাইট এবং এর সংকেত **Ca(OCl)Cl**; এর মধ্যে স্বল্প পরিমাণে $CaCl_2$ মিশ্রিত থাকে।

**উৎপাদন ঃ** প্রায় 40°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত শুষ্ক কলিচুনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OH)_2(s) + Cl_2(g) \xrightarrow{40^\circ C} \underset{\text{ব্লিচিং পাউডার}}{Ca(OCl)Cl(s)} + H_2O(l)$$

**ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ধর্ম ঃ** ব্লিচিং পাউডার একটি বিরঞ্জক। **বিরঞ্জক** বলতে সে সব রাসায়নিক পদার্থকে বোঝায়, যারা পানির উপস্থিতিতে উদ্ভিজ্জ রঙিন পদার্থকে জারণ বা বিজারণের মাধ্যমে বর্ণহীন

http://pdfcorner.com

করে থাকে। সামান্য পরিমাণ লঘু খনিজ এসিড যেমন লঘু HCl বা লঘু $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে ব্লিচিং পাউডার থেকে $Cl_2$ উৎপন্ন হয়। পরে $Cl_2$ ও পানির বিক্রিয়ায় HCl ও HOCl এসিড উৎপন্ন হয়। কম স্থায়ী HOCl বিযোজিত হয়ে উৎপন্ন জায়মান অক্সিজেন রঞ্জিন পদার্থের রংকে জারিত করে বর্ণহীন পদার্থে পরিণত করে। সুতরাং ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ক্রিয়া জারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে ঘটে।

$$2Ca(OCl)Cl(s) + 4H^+(aq) \xrightarrow{\text{লঘু HCl}} 2Ca^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + 2Cl_2(aq)$$

$$Cl_2(aq) + H\text{-}OH(l) \longrightarrow HCl(aq) + HOCl(aq)$$

$$HOCl(aq) \longrightarrow HCl(aq) + [O]$$

$$\text{রঞ্জিন পদার্থ} + [O] \longrightarrow \text{জারিত বর্ণহীন পদার্থ}$$

## ১৬·২৩। s-ব্লক ধাতব মৌলের আয়ন শনাক্তকরণ
**Identification of s-block Metal ions**

### (১) সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ** গাঢ় HCl এ সিক্ত পরিষ্কার প্লাটিনাম তারের মাথায় নমুনা যৌগটিকে লাগিয়ে বুনসেন দীপের জারণ শিখায় ধরলে যদি **উজ্জ্বল সোনালী হলুদ শিখা** সৃষ্টি হয়, তবে নমুনা লবণটিতে সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) আছে নিশ্চিত হয়।

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** একটি টেস্ট টিউবে পরীক্ষাধীন নমুনা যৌগ ( যেমন NaCl) এর দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে 2–3 mL পটাসিয়াম পাইরো অ্যান্টিমোনেট দ্রবণ যোগ করলে যদি **সাদা অধঃক্ষেপ** পড়ে, তবে নমুনা লবণে $Na^+$ আয়নের উপস্থিতি নিশ্চিত হয়।

$$2NaCl(aq) + K_2H_2Sb_2O_7(aq) \longrightarrow Na_2H_2Sb_2O_7(s) + 2KCl(aq)$$

পটাসিয়াম পাইরোঅ্যান্টিমোনেট — সাদা অধঃক্ষেপ

### (২) পটাসিয়াম আয়ন ($K^+$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ** গাঢ় HCl-এ সিক্ত নমুনা লবণকে প্লাটিনাম তারের মাথায় করে বুনসেন দীপের শিখায় ধরলে যদি শিখায় বেগুনি বর্ণ সৃষ্টি হয়, তবে নমুনা লবণে $K^+$ আয়ন আছে বোঝায়।

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** একটি টেস্ট টিউবে নমুনা লবণের (যেমন KCl এর) দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে 5–6 ফোঁটা অ্যাসিটিক এসিড ও শেষে সোডিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করা হয়। যদি **হলুদ বর্ণের** পটাসিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইটের অধঃক্ষেপ পড়ে, তবে নমুনা লবণে $K^+$ এর উপস্থিতি নিশ্চিত হয়।

$$3KCl(aq) + Na_3[Co(NO_2)_6](aq) \longrightarrow K_3[Co(NO_2)_6](s) + 3NaCl(aq)$$

সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট — পটাসিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট

### (৩) ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ($Mg^{2+}$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ** প্রদত্ত নমুনা লবণ (যেমন $MgSO_4$) এর সাথে দ্বিগুণ পরিমাণ $Na_2CO_3$ মিশিয়ে কাঠ কয়লার গর্তে উত্তপ্ত করলে সাদা অবশেষ পাওয়া যায়। ঐ সাদা অবশেষের উপর দুই ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করে জারণ শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। **গোলাপী বর্ণের** ম্যাগনেসিয়াম কোবাল্টেট উৎপন্ন হলে নমুনা লবণে $Mg^{2+}$ আয়ন আছে বোঝায়।

$$MgSO_4(s) + Na_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MgCO_3(s) + Na_2SO_4(s)$$

$$MgCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} MgO(s) + CO_2(g)$$

http://pdfcorner.com

$$2Co(NO_3)_2(aq) \xrightarrow{\Delta} 2CoO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

$$CoO(s) + MgO(s) \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{গোলাপী}}{MgCoO_2(s)}$$

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** একটি টেস্ট টিউবে নমুনা লবণ (যেমন $MgCl_2$) এর দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে $NH_4Cl$ দ্রবণ ও $NH_4OH$ দ্রবণ যোগ করে শেষে ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট ($Na_2HPO_4$) দ্রবণ যোগ করা হয়। যদি ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, তবে নমুনা লবণে $Mg^{2+}$ আয়নের উপস্থিতি নিশ্চিত।

$$MgCl_2(aq) + Na_2HPO_4(aq) + NH_4OH(aq) \longrightarrow \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{Mg(NH_4)PO_4(s)} + 2NaCl(aq) + H_2O(l)$$

### (৪) ক্যালসিয়াম আয়ন ($Ca^{2+}$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ** গাঢ় HCl-এ সিক্ত নমুনা লবণকে প্লাটিনাম তারের মাথায় করে বুনসেন দীপের শিখায় ধরলে যদি শিখায় ইটের মত লাল বর্ণ সৃষ্টি হয়, তবে নমুনা লবণে $Ca^{2+}$ আয়ন আছে বোঝায়।

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** ক্যালসিয়াম লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ যোগ করলে ক্যালসিয়াম অক্সালেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ঐ অধঃক্ষেপ অ্যাসিটিক এসিডে অদ্রবণীয়; কিন্তু খনিজ HCl এসিডে দ্রবণীয়।

$$CaCl_2(aq) + \underset{\text{অ্যামোনিয়াম অক্সালেট}}{NH_4.OOC\text{–}COO.NH_4(aq)} \longrightarrow 2NH_4Cl(aq) + \underset{\text{ক্যালসিয়াম অক্সালেট}}{Ca(\text{–}OOC\text{–}COO\text{–})(s)}$$

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম অক্সালেট}}{Ca(\text{–}OOC\text{–}COO\text{–})(s)} + 2HCl(aq) \longrightarrow \underset{\text{অক্সালিক এসিড}}{HOOC\text{–}COOH(aq)} + CaCl_2(aq)$$

### (৫) বেরিয়াম আয়ন ($Ba^{2+}$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ** গাঢ় HCl-এ সিক্ত নমুনা লবণকে প্লাটিনাম তারের মাথায় করে বুনসেন দীপের শিখায় ধরলে যদি শিখায় হলুদাভ সবুজ বর্ণ সৃষ্টি হয়, তবে নমুনা লবণে $Ba^{2+}$ আয়ন আছে বোঝায়।

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** বেরিয়াম লবণের দ্রবণে কয়েক ফোঁটা পটাসিয়াম ক্রোমেট ($K_2CrO_4$) দ্রবণ যোগ করলে হলুদ বর্ণের বেরিয়াম ক্রোমেটের অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$BaCl_2(aq) + K_2CrO_4(aq) \longrightarrow \underset{\text{হলুদ অধঃক্ষেপ}}{BaCrO_4(s)} + 2KCl(aq)$$

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **গ্রুপ-IA মৌলসমূহ ঃ** পর্যায় সারণিতে প্রতিটি পর্যায়ের প্রথম মৌলটি হচ্ছে গ্রুপ-IA মৌল। এদের নাম হচ্ছে (হাইড্রোজেন ব্যতীত) লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম, সিজিয়াম ও ফ্রানসিয়াম। এদেরকে ক্ষার ধাতুও বলা হয়। তাদের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^1$। তাদের ইলেক্ট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ স্তরে ১টি করে ইলেক্ট্রন বিদ্যমান, যা তারা দান করে আয়নিক বন্ধন তৈরি করতে পারে। সুতরাং তাদের জারণ সংখ্যা + 1 হয়।

✪ **গ্রুপ-IIA মৌলসমূহ ঃ** পর্যায় সারণিতে প্রতিটি পর্যায়ের দ্বিতীয় মৌলটি হচ্ছে গ্রুপ-IIA মৌল (প্রথম পর্যায় ব্যতীত)। তাদের নাম হচ্ছে বেরিলিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম ও রেডিয়াম। তাদেরকে মৃৎক্ষার ধাতু বলা হয়। তাদের যোজ্যতা স্তরের ইলেক্ট্রন বিন্যাস $ns^2$। সবশেষ স্তরের এ দুটি ইলেক্ট্রন তারা সহজে দান করে আয়নিক বন্ধন তৈরি করে। সুতরাং তাদের জারণ সংখ্যা +2 হয়।

✪ **গ্রুপ-IA মৌলসমূহের বিক্রিয়া ঃ** এ সব মৌল হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে ধাতুর হাইড্রাইড, অক্সাইড ও ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এ সব যৌগ আয়নিক। পানির সাথে ক্ষার ধাতুসমূহ তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ধাতুর হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

http://pdfcorner.com

✪ **গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের বিক্রিয়া ঃ** মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে ধাতুর হাইড্রাইড, অক্সাইড ও ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এ সব যৌগ আয়নিক। পানির সাথে এ সব ধাতুর বিক্রিয়ায় ধাতুর হাইড্রক্সাইড ও $H_2$ উৎপন্ন হয়; তবে এ সব বিক্রিয়ার তীব্রতা ক্ষার ধাতুর বিক্রিয়ার চেয়ে কম।

✪ **গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের সালফেট ও হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা ঃ** গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের সালফেটের দ্রাব্যতা ধাতুর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এ সব সালফেটের ল্যাটিস শক্তি ও হাইড্রেশান এনথালপি উভয়েই হ্রাস পায়। কিন্তু ল্যাটিস শক্তির তুলনায় হাইড্রেশান এনথালপি দ্রুততর বেগে হ্রাস পাওয়ায় সালফেটের দ্রাব্যতা ক্রমাগত হ্রাস পায়। অপরদিকে এ সব ধাতুর হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা ধাতুর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে বাড়ে। এ সব যৌগের ক্ষেত্রেও পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ল্যাটিস শক্তি ও হাইড্রেশান এনথালপি হ্রাস পায়, তবে এক্ষেত্রে ল্যাটিস শক্তি দ্রুততরভাবে হ্রাস পাওয়ায় ধাতুর হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়।

✪ **গ্রুপ-IA ও IIA মৌলসমূহের নাইট্রেট ও কার্বনেটের তাপসহতা ঃ** লিথিয়াম ব্যতীত গ্রুপ-IA মৌলসমূহের নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর নাইট্রাইট ও $O_2$ উৎপন্ন করে। লিথিয়াম ও গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও $O_2$ উৎপন্ন করে। গ্রুপ-IA মৌলসমূহের ক্যাটায়ন এক একক চার্জবিশিষ্ট হওয়ায় তারা অ্যানায়নকে যথেষ্ট পোলারায়িত করতে পারে না, ফলে তারা অক্সাইডে বিযোজিত হয় না। গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের ক্যাটায়নে দুই একক চার্জ থাকায় তারা অ্যানায়নকে যথেষ্ট পোলারায়িত করতে পারে, তাই তাদের নাইট্রেট বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করে। লিথিয়াম আয়নে একটি মাত্র চার্জ থাকলেও এর ছোট আকারের কারণে $Li^+$ আয়নের চার্জ ঘনত্ব বেশি; তাই $Li^+$ আয়ন অ্যানায়নকে যথেষ্ট পোলারায়িত করতে পারে। ফলে $Li^+$ আয়নের নাইট্রেট বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করে।

একই কারণে লিথিয়াম ব্যতীত গ্রুপ-IA এর অন্যান্য মৌলসমূহের কার্বনেট উত্তাপে বিযোজিত হয় না এবং লিথিয়াম ও গ্রুপ-IIA এর মৌলসমূহের কার্বনেট তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড ও $CO_2$ উৎপন্ন করে।

## অনুশীলনী–১৬ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

### ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। (ক) গ্রুপ-IA মৌলসমূহ কী কী? তাদের প্রত্যেকের ইলেকট্রন বিন্যাস ও সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।
(খ) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে গ্রুপ-IA মৌলের ৪টি করে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ব্যাখ্যা কর।
(গ) ক্ষার ধাতু কোন মৌলগুলোকে বলা হয়? পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ক্ষার ধাতুসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নীকরণ শক্তি কী রূপে পরিবর্তিত হয় তা ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০০০]

২। (ক) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহ কী কী ? তাদের প্রত্যেকের ইলেকট্রন বিন্যাস ও সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।
(খ) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের ৪টি করে ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম ব্যাখ্যা কর।

৩। গ্রুপ-IA এর সাথে গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের মধ্যে ৪টি করে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর।

৪। (ক) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের অক্সাইডের সাথে পানির বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ।
(খ) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের সালফেটের দ্রাব্যতা প্রবণতা ব্যাখ্যা কর।
(গ) গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের হাইড্রক্সাইডসমূহের দ্রাব্যতা প্রবণতা ব্যাখ্যা কর।

৫। (ক) গ্রুপ-IA ও গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের নাইট্রেটের তাপসহতা ব্যাখ্যা কর।
(খ) গ্রুপ-IA এর মৌলসমূহের নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে নাইট্রাইটে পরিণত হয় । কিন্তু লিথিয়াম নাইট্রেট ধাতুর অক্সাইডে পরিণত হয়। এর কারণ ব্যাখ্যা কর।
(গ) লিথিয়াম নাইট্রেট ব্যতীত গ্রুপ-IA মৌলসমূহের নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর নাইট্রাইট উৎপন্ন করে, অথচ গ্রুপ-IIA মৌলসমূহের নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করে। এর কারণ দর্শাও।

http://pdfcorner.com

৬। (ক) গ্রুপ-IA ও IIA মৌলসমূহের কার্বনেটসমূহের তাপীয় স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা কর।

(খ) $BeCO_3$, $MgCO_3$, $CaCO_3$, $SrCO_3$ ও $BaCO_3$ এর বিযোজন তাপমাত্রা যথাক্রমে 100°, 350°, 547°, 778° ও 998°C। এ ধারাবাহিক ক্রমবৃদ্ধির ব্যাখ্যা কর।

৭। (ক) সোডিয়াম ও পটাসিয়াম এর তিনটি করে উৎসের নাম ও সংকেত লেখ।

(খ) সোডিয়াম ধাতু কীভাবে নিষ্কাশন করা হয়?

(গ) ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম এর তিনটি করে উৎসের ও সংকেত লেখ।

৮। (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডা ও $Cl_2$ শিল্প উৎপাদনের তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতির বর্ণনা দাও।
[ঢা. বো. ২০০৮, ২০১১; চ. বো. ২০০৮, ২০১১; কু. বো. ২০০৮, ২০১০; রা. বো. ২০১১, ২০০৯; ব. বো. ২০০৮, ২০১১, ২০১০; য. বো. ২০০৮, ২০১১; সি. বো. ২০০৮, ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

(খ) কস্টিক সোডার ৪টি ব্যবহার উল্লেখ কর। [ সি. বো. ২০০৩ ]

৯। (ক) ব্রাইন কী? সলভে পদ্ধতিতে ব্রাইন থেকে সোডা অ্যাস্ বা সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্প উৎপাদনের মূলনীতি বিক্রিয়াসহ লেখ। [ ঢা. বো. ২০০৭, ২০০৯; চ. বো. ২০০৭, ২০০৯; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৭, ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(খ) সোডা অ্যাস বা $Na_2CO_3$-এর ৪টি ব্যবহার উল্লেখ কর।

১০। (ক) সোডিয়াম ক্লোরেট (I) বা সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের শিল্প উৎপাদনের মূলনীতি বিক্রিয়াসহ লেখ। এর ৪টি ব্যবহার উল্লেখ কর।

(খ) ব্লিচিং পাউডার বা সোডিয়াম ক্লোরেট (I) এর সংকেত লেখ। এর বিরঞ্জন ক্রিয়া লেখ। [ ঢা. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০]

## খ-বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

### (১) ব্যাখ্যা কর ঃ

১। (ক) গ্রুপ-IA এর মৌলসমূহকে ( যেমন সোডিয়ামকে ) ক্ষার ধাতু বলা হয় কেন?
[ঢা. বো. ২০০৮, ২০১১; সি. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯]

(খ) Ca কে মৃৎক্ষার ধাতু বলা হয় কেন? [ কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১০]

(গ) s-ব্লক মৌল বলতে কী বুঝ? তাদের জারণ সংখ্যা +1 অথবা + 2 বা স্থির কেন? [য. বো. ২০০২; ঢা. বো. ২০০৮]
অথবা, গ্রুপ-IA এর ক্ষার ধাতু ও গ্রুপ-IIA এর মৃৎক্ষার ধাতুর জারণ-সংখ্যা স্থির কেন? [ ব. বো. ২০০২ ]

(ঘ) গ্রুপ-IIA এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি গ্রুপ-IA এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তির প্রায় দ্বিগুণ হয় কেন?

(ঙ) গ্রুপ-IIA-ধাতুর ২য় আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা গ্রুপ-IA এর ধাতুর ২য় আয়নীকরণ শক্তি অনেক বেশি কেন?

(চ) Ne এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি 2080 kJ অথচ একই ইলেকট্রন বিন্যাসের $Na^+$ এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি এর দ্বিগুণের চেয়েও বেশি, 4564 kJ হয় কেন?

(ছ) ক্ষার ধাতুসমূহের মধ্যে Cs ধাতু তরল, অন্যসব কঠিন কেন?

(জ) ক্ষার ধাতুর বৈশিষ্ট্য লেখ। [চ. বো. ২০১১]

২। সংকেত লেখ ঃ (ক) রক সল্ট [ চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০০৯]
(খ) চিলি সল্টপিটার [ চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০১০]
(গ) সল্ট পিটার [ চ. বো. ২০১১; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯]
(ঘ) ন্যাট্রোন [ব. বো. ২০১০ ]
(ঙ) বোরাক্স [ ঢা. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৬, ২০০৮; সি. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০]
(চ) কারনালাইট
(ছ) ম্যাগনেসাইট
(জ) ডলোমাইট [ ঢা. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৮, ২০১১; কু. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৭, ২০১০]
(ঝ) ইপ্সন লবণ [ কু. বো. ২০০৮ ]

http://pdfcorner.com

(ঞ) জিপ্সাম [ ঢা. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৭, ২০১০; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০, ২০১১; দি. বো. ২০১০]
(ট) ফ্লোরস্পার
(ঠ) ফসফোরাইট
(ড) গ্লবার লবণ [ সি. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০১০ ]
(ঢ) সাদা ভিট্রিওল [ ব. বো. ২০০৫]
(ণ) ব্লিচিং পাউডার [ ঢা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৯ ]

৩। (ক) ল্যাটিস এনথালপি ও হাইড্রেশান এনথালপি বলতে কী বুঝ? [দি. বো. ২০১১]
(খ) ল্যাটিস এনথালপি ও হাইড্রেশান এনথালপি যৌগের দ্রাব্যতার উপর কী প্রকার প্রভাব সৃষ্টি করে?

৪। $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয়; কিন্তু $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয় কেন? [কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৮]

৫। নিম্নোক্ত যৌগসমূহকে উত্তপ্ত করলে কী কী উৎপন্ন হয় ঃ
(ক) (১) $LiNO_3$ (২) $KNO_3$ (৩) $Mg(NO_3)_2$. [চ. বো. ২০০৭, ২০১০; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; ব. বো. ২০০৯ ]
(খ) (১) $Li_2CO_3$ (২) $Na_2CO_3$ (৩) $MgCO_3$

৬। (ক) $Na_2O$ কে বিজারক দ্বারা বিজারিত করে সোডিয়াম ধাতুর উৎপাদন সম্ভব নয় কেন?
(খ) সোডিয়াম ধাতুর চারটি ব্যবহার লেখ।

৭। (ক) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন? [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১১; কু. বো. ২০০৭, ২০০৯; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; য. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯; রা. বো. ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০০৮]
(খ) শিখা পরীক্ষায় Na, Ca, Ba এর লবণ কী প্রকার বর্ণ সৃষ্টি করে?
(গ) Mg এর লবণ যেমন $MgSO_4$ শিখা পরীক্ষায় কোন বর্ণ সৃষ্টি করে না কেন?

৮। (ক) পর্যায় সারণিতে কর্ণ সম্পর্ক বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা দাও। [ঢা. বো. ২০০৬; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭, ২০১১; সি. বো. ২০০৭, ২০১০; য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৬, ২০১১; দি. বো. ২০০৯ ]
(খ) লিথিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক আলোচনা কর।

৯। বিক্রিয়ার সমীকরণ পূর্ণ কর ঃ
(১) উত্তপ্ত Mg ও Ca এর সাথে $N_2$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে উষ্ণ পানিতে যোগ করলে কী ঘটে? [চ. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১০; রা. বো. ২০০৭; দি. বো. ২০১১]

(২) $Mg_3N_2(s) + H_2O(l) \longrightarrow ?$ [চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৮, ২০০৯; রা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৮]

(৩) $AgNO_3(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow ?$

(৪) $AlCl_3(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow ?$ [ঢা. বো. ২০০৯]

(৫) $NaOH(aq) + Cl_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} ?$ [য. বো. ২০১০]

(৬) $NaOH(aq) + Cl_2(g) \xrightarrow{70^\circ C} ?$ [ব. বো. ২০০৬; য. বো. ২০১০]

(৭) $NaOH(aq) + SO_2(g) \longrightarrow ?$

(৮) $Ca(OH)_2(s) + Cl_2(g) \xrightarrow{40^\circ C} ?$ [সি. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৬; দি. বো. ২০০৯]

(৯) শর্ত উল্লেখ করে NaOH-এর জলীয় দ্রবণের সাথে $Cl_2$-এর একাধিক বিক্রিয়া বর্ণনা কর। [ কু. বো. ২০১১]

১০। আয়ন শনাক্তকরণ
(ক) দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন ($Na^+$) কিরূপে শনাক্ত করা হয়? [ কু. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০১০; দি. বো. ২০১১]
(খ) দ্রবণে পটাসিয়াম আয়ন ($K^+$) কিরূপে শনাক্ত করা হয়?
(গ) দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ($Mg^{2+}$) কিরূপে শনাক্ত করা হয়?
(ঘ) দ্রবণে ক্যালসিয়াম আয়ন ($Ca^{2+}$) কিরূপে শনাক্ত করা হয়? [ চ. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১]
(ঙ) দ্রবণে বেরিয়াম আয়ন ($Ba^{2+}$) কিরূপে শনাক্ত করা হয়?

http://pdfcorner.com

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক-বিভাগ : সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। s-ব্লকভুক্ত মৌলসমূহ ধাতু। এদের মধ্যে কেবল Be ধাতু পানির সাথে বিক্রিয়া করে না। গ্রুপ-IA ধাতুসমূহের গলনাঙ্ক 29°C—180°C এবং গ্রুপ-IIA ধাতুসমূহের গলনাঙ্ক 714°C—1280°C এর মধ্যে থাকে। ধাতুর গলনাঙ্ক ধাতব বন্ধনের উপর নির্ভরশীল। গ্রুপ-IA মৌলের সর্বাধিক ব্যবহৃত যৌগ হল, NaCl, NaOH ও $Na_2CO_3$। এসব যৌগ ব্রাইন থেকে উৎপাদন করা হয়।

(ক) s-ব্লক মৌল কী? এ ব্লকভুক্ত গ্রুপ কী কী? ১

(খ) উদ্দীপকের ধাতব বন্ধন বলতে কী বুঝ? s-ব্লকভুক্ত ২য় পর্যায়ের ধাতুর মধ্যে Li ধাতুর ধাতব বন্ধন শক্তির চেয়ে Be এর ধাতব বন্ধন তুলনামূলকভাবে সবল—ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের গ্রুপ-IA ধাতুসমূহকে বাতাসে ও পানিতে রাখা যায় না; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ ব্যাখ্যা কর। এসব ধাতুকে সংরক্ষণের উপযুক্ত পরিবেশ কী? ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে সোডা-অ্যাস্ প্রস্তুতির মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ক্ষারকীয় মূলক শনাক্তকরণে কাঠ-কয়লা পরীক্ষায় $Na_2CO_3$ ব্যবহৃত হয় কেন; ব্যাখ্যা কর। ৪

২। s-ব্লকভুক্ত ক্ষার ধাতুসমূহ অত্যন্ত সক্রিয়। প্রকৃতিতে এরা আয়নিক যৌগ যেমন ক্লোরাইড, কার্বনেট ও সালফেটরূপে খনিতে থাকে। কাগজ তৈরিতে ব্যবহৃত কস্টিক সোডা ব্রাইন থেকে উৎপাদন করা হয়। কর্ণ সম্পর্ক মতে গ্রুপ-IIA এর ধাতু Be এর-IIIA এর Al ধাতুর মধ্যে অনেক মিল দেখা যায়।

(ক) ক্ষারকীয় মূলকের শিখা পরীক্ষা কী? ১

(খ) আয়নিক যৌগ পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার শর্ত কী? $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয়, $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, পর্যায় সারণিতে কর্ণ সম্পর্ক বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও। লিথিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম কার্বনেটকে 1000°C এ উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডা উৎপাদনের মূলনীতি লেখ। নেলসন ডায়াফ্রাম সেলের চিত্র অঙ্কন করে লেভেলিং কর। ৪

৩। ক্ষার ধাতু দিয়েই পর্যায় সারণির প্রতিটি পর্যায় শুরু হয়। এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ পর্যায়গতভাবে বেশি, আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে কম। তাই ক্ষারধাতুসমূহ অত্যন্ত সক্রিয় এবং আয়নিক যৌগ গঠন করে। যৌগসমূহ পানিতে দ্রবণীয়, তাপসহ ও স্থিতিশীল। জানালার কাচ তৈরিতে ব্যবহৃত ক্ষারধাতুর কার্বনেট সোডা অ্যাস উৎপাদিত হয় ব্রাইন থেকে।

(ক) ক্ষারধাতু বলতে কী বুঝ? ১

(খ) ক্ষার ধাতুর যৌগসমূহ পানিতে দ্রবণীয় হয় কেন; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, সোডা অ্যাস উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণ সহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, $Na_2CO_3$ তাপে বিযোজিত হয় না; $CaCO_3$ তাপে বিযোজিত হয়। এর কারণ যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। কাঠ কয়লায় $Na_2CO_3$ ও $FeSO_4$ মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে সমীকরণসহ লেখ। ৪

৪। অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতিতে ব্রাইন থেকে সোডা-অ্যাস্ উৎপাদন করা হয়। এ নীতির আলোকে নিচের উদ্দীপকটি দেওয়া হল :

(i) চুনাপাথর $\xrightarrow{\Delta}$ A (s) + B (g)



http://pdfcorner.com

(ii) সম্পৃক্ত ব্রাইন + $NH_3$ (g) + B (g) + $H_2O$ (l) ⟶ $NaHCO_3$ (s) + ? (aq)

(iii) $NaHCO_3$ (s) $\xrightarrow{\Delta}$ X(s) + ? (g) + ? (g)

(ক) মোলাল দ্রবণ কী? ১

(খ) চুনের পানিতে $CO_2$ গ্যাস চালনা করলে অদ্রবণীয় $CaCO_3$ উৎপন্ন হয়। কিন্তু $CaCO_3$ ও পানির ঐ মিশ্রণে অধিক $CO_2$ গ্যাস চালনা করলে স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয় কেন: ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার পূর্ণ রাসায়নিক সমীকরণ লেখ। এ স্কিম পরিকল্পনায় সংগঠিত বিক্রিয়াগুলোর নামসহ বর্ণনা দাও। ৩

(ঘ) নিচের বিক্রিয়ার সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

(i) $MgSO_4$ ও $Na_2CO_3$ এর মিশ্রণকে কাঠ কয়লার গর্তে উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত অবশেষকে ২ ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেটসহ উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) NaCl-এর জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম পাইরো অ্যান্টিমোনেট দ্রবণ যোগ করা হয়।

(iii) $BaCl_2$-এর দ্রবণে পটাসিয়াম ক্রোমেট দ্রবণ যোগ করা হয়।

## খ-বিভাগ : সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ–১ MCQ : সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) : জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। কোন্‌টি s-ব্লকভুক্ত ধাতু?
(ক) K (খ) Al (গ) Fe (ঘ) Cr

২। কোন্‌টি ক্ষার ধাতু?
(ক) Na (খ) Ca (গ) Be (ঘ) Mg

৩। কোন্‌টি মৃৎক্ষার ধাতু?
(ক) Al (খ) Ca (গ) Na (ঘ) K

৪। সোডিয়াম ধাতুকে সংরক্ষণ করা হয়–
(ক) বেনজিনে (খ) ক্লোরোফরমে (গ) কেরোসিনে (ঘ) পানিতে

৫। শিখা পরীক্ষায় সোডিয়াম লবণ কোন্ প্রকার বর্ণ সৃষ্টি করে?
(ক) বেগুনি (খ) নীল (গ) সোনালী হলুদ (ঘ) লাল

৬। শিখা পরীক্ষায় Ca-লবণ কোন্ প্রকার বর্ণ সৃষ্টি করে?
(ক) হলুদ (খ) উজ্জ্বল লাল (গ) ইটের মত লাল (ঘ) নীল

৭। কলিচুনে 40°C এ $Cl_2$ গ্যাস চালনা করলে কী উৎপন্ন হয়?
(ক) ব্লিচিং পাউডার Ca(OCl)Cl (খ) $CaCl_2$ (গ) $Ca(OCl)_2$ (ঘ) CaO

৮। দ্রবণে $Na^+$ আয়ন শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়–
(ক) $K_2H_2Sb_2O_7$ দ্রবণ, (খ) $K_2CrO_4$ দ্রবণ (গ) $Co(NO_3)_2$ দ্রবণ (ঘ) $AgNO_3$ দ্রবণ

৯। কোন্ যৌগটি লন্ড্রিতে কাপড়ের দাগ দূর করতে বিরঞ্জক রূপে ব্যবহৃত হয়?
(ক) $Na_2CO_3$ (খ) NaCl (গ) NaOH (ঘ) NaClO

১০। চিলি সল্টপিটারের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $KNO_3$ (খ) $NaNO_3$ (গ) $CaF_2$ (ঘ) KCl

http://pdfcorner.com

১১। বোরাক্স-এর সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (খ) $Na_2CO_3.H_2O$ (গ) $MgCO_3$ (ঘ) $CaSO_4$

১২। সল্ট পিটারের রাসায়নিক সংকেত কোন্‌টি?
(ক) $NaNO_3$ (খ) $Ca(NO_3)_2$ (গ) $KNO_3$ (ঘ) $K_2CO_3$

১৩। ডলোমাইটের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $Na_2CO_3.H_2O$ (খ) $MgSO_4.7H_2O$ (গ) $CaSO_4.2H_2O$ (ঘ) $CaCO_3.MgCO_3$

১৪। ফ্লোরস্পারের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $CaF_2$ (খ) NaF (গ) KF (ঘ) KCl

১৫। জিপসাম খনিজের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $CaCO_3.MgCO_3$ (খ) $CaSO_4$ (গ) $CaSO_4.2H_2O$ (ঘ) $CaSO_4.H_2O$

১৬। গ্লবার লবণ দ্বারা কোন্ সংকেতকে বোঝানো হয়?
(ক) $Na_2SO_4.10H_2O$ (খ) $Na_2CO_3.10H_2O$ (গ) $ZnSO_4.10H_2O$ (ঘ) $MgCO_3$

১৭। ব্লিচিং পাউডারের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $Na_2CO_3.H_2O$ (খ) $MgSO_4.H_2O$ (গ) $CaSO_4$ (ঘ) Ca(OCl)Cl

১৮। কাপড় কাচার সোডার সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $Na_2CO_3.10H_2O$ (খ) $Na_2CO_3.H_2O$ (গ) $NaHCO_3$ (ঘ) $CaCO_3$

১৯। প্লাস্টার অব প্যারিস বলতে কোন্‌টিকে বোঝানো হয়?
(ক) $CaCO_4.2H_2O$ (খ) $(CaSO_4)_2H_2O$ (গ) $CaSO_4$ (ঘ) $CuSO_4$

২০। ইপসন লবনের সংকেত কোন্‌টি হবে?
(ক) $Na_2CO_3.10H_2O$ (খ) $CuSO_4.5H_2O$ (গ) $MgSO_4.7H_2O$ (ঘ) $MgSO_4$

২১। কোন্ ধাতুগুলোকে পেট্রোলিয়াম বা কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ রক্ষা হয়?
(ক) Na, K, Rb (খ) Na, Mg, Al (গ) Cs, K, Cu, (ঘ) Li, Be, Mg

২২। নিচের কোন্ লবণের অ্যানায়ন বর্ণযুক্ত হওয়ায় লবণ রঙিন দ্রবণ তৈরি করে?
(ক) $KMnO_4$, KCl (খ) $KMnO_4$ $Na_2CrO_4$ (গ) $CuSO_4$ (ঘ) $FeCl_3$

২৩। কোন্ লবণের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়?
(ক) $Na_2CO_3$ , $CuSO_4$ (খ) $Na_2CO_3$, NaCl (গ) $Na_2CO_3$ $Na_3PO_4$ (ঘ) $ZnCl_2$, NaCl

২৪। নেলসন সেলে ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত হয়-
(ক) কার্বন দন্ড (খ) ইস্পাতের পাত্র (গ) প্লাটিনাম দন্ড (ঘ) লৌহ দন্ড

**খ- ১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ক, ২। ক, ৩। খ, ৪। গ, ৫। গ, ৬। গ, ৭। ক, ৮। ক, ৯। ঘ, ১০। খ, ১১। ক, ১২। গ, ১৩। ঘ, ১৪। ক, ১৫। গ, ১৬। ক, ১৭। ঘ, ১৮। ক, ১৯। খ, ২০। গ, ২১। ক, ২২। খ, ২৩। গ, ২৪। খ।

**খ-২ MCQ ঃ বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ অনুধাবন ও প্রয়োগ দক্ষতা স্তরের**

১। ব্রাইন থেকে শিল্পক্ষেত্রে উৎপাদন করা হয়-
(i) NaOH (ii) $Cl_2$ (iii) $Na_2CO_3$
কোন্‌টি সঠিক?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i), (ii) ও (iii) (গ) (iii) (ঘ) (i) ও (ii)

http://pdfcorner.com

২। সোডিয়াম ধাতুকে সংরক্ষণে কোন্ তরল ব্যবহার করা যাবে?

(i) কেরোসিন (ii) পেন্টেন (iii) পেট্রোল

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i) ও (ii)

৩। বুনসেন-শিখা পরীক্ষায় শনাক্ত করা যায়–

(i) Na-লবণ (ii) Ca- লবণ (iii) Mg- লবণ

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) ( (i) ও iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৪। পানিতে নিচের কোন্ লবণগুলো দ্রবণীয় হবে?

(i) ক্ষার ধাতুর সব লবণ (ii) Ca- এর সব লবণ (iii) $NH_4$- লবণসমূহ

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৫। জীবাণুনাশকরূপে পানি শোধনে ব্যবহৃত হয়—

(i) Ca(OCl)Cl (ii) $Cl_2$ গ্যাস (iii) $SO_2$ গ্যাস (iv) NaCl দ্রবণ

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৬। গ্রুপ IA মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে কোনটি পরিবর্তন ঘটে –

(i) গলনাঙ্ক হ্রাস পায়, (ii) ১ম আয়নীকরণ বিভব হ্রাস পায়, (iii) সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), ও (iii)

৭। পানিতে আয়নিক যৌগটি দ্রবীভূত হবে কীনা তা নির্ভর করে যৌগটির

(i) ল্যাটিস এনথালপি (ii) হাইড্রেশন এনথালপি, (iii) ক্যাটায়নের আকারের উপর

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৮। ক্ষারধাতু সমূহ $M^{2+}$ আয়ন সহকারে কোন্ যৌগ গঠন করে না, এর কারণ–

(i) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বেশি, (ii) $M^+$ আয়নের সুস্থিত ইলেকট্রন বিন্যাস,

(iii) দ্বিতীয় আয়নীকরণ বিভব অত্যাধিক,

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

৯। বুনসেন শিখায় $Na^+$ আয়ন সোনালী হলুদ বর্ণ সৃষ্টি করে; এর কারণ–

(i) সোডিয়ামের উচ্চ আয়নীকরণ বিভব, (ii) $Na^+$ আয়নের ইলেকট্রন তাপশোষণ করে উচ্চ শক্তিস্তরে উত্থিত হয়, (ii) নিম্ন শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের অবনমন কালে বিকিরিত শক্তি তরঙ্গের পরিসর 575 – 590 nm এর মধ্যে থাকে।

কোন্‌টি সঠিক হবে –

(ক) (i) (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

http://pdfcorner.com

১০। $Mg^{2+}$ আয়ন বুনসেন শিখা পরীক্ষায় কোন বর্ণ সৃষ্টি করে না; এর কারণ –
(i) $Mg^{2+}$ আয়নের আকার ছোট, (ii) শিখার নির্দিষ্ট বর্ণ শোষণ করে না,
(iii) শোষিত তাপশক্তির বিকিরণ দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ পরিসরে থাকে না।
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i) (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। খ, ২। ক, ৩। ক, ৪। খ, ৫। ক, ৬। ক, ৭। ক, ৮। খ, ৯।গ, ১০। ঘ।

**খ–৩ MCQ : অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন (Situation Set MCQ)**

১। নিচের উদ্দীপকটি পড়ো এবং (১) নং ও (২) নং প্রশ্নের উত্তর দাও। ব্রাইন থেকে শিল্পক্ষেত্রে কস্টিক সোডা, ক্লোরিন, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ও সোডা অ্যাস উৎপাদন করা হয়। উৎপাদিত পণ্য শিল্পক্ষেত্রে ও বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়।

(১) সোডা অ্যাস উৎপাদনে ব্যবহৃত কাচামালগুলো হল –
(ক) ব্রাইন, $H_2$, $CO_2$ (খ) ব্রাইন, $NH_3$, চুনাপাথর,
(খ) ব্রাইন, CO, CaO, (ঘ) ব্রাইন, $NaHCO_3$, $NH_4Cl$

(২) ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ করে উৎপাদিত রাসায়নিক পদার্থের বেলায় প্রযোজ্য –
(i) NaOH, NaOCl ব্যবহৃত হয় কাগজ শিল্পে,
(ii) ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনে $Cl_2$ গ্যাস ব্যবহৃত হয়,
(iii) বিরঞ্জক রূপে ও সুইমিং পুলে জীবাণুনাশক রূপে NaOCl ব্যবহৃত হয়,
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i), (ii) ও (iii)

২। গ্রুপ IA মৌলসমূহ $M^+$ আয়ন এবং গ্রুপ II A মৌলসমূহ $M^{2+}$ আয়ন তৈরি করে। উভয় শ্রেণীর আয়নের নাইট্রেট লবণ ও কার্বনেট লবণের ক্ষেত্রে বিভিন্ন তাপীয় স্থিতিশীলতা লক্ষ্য করা যায়। কাঠ কয়লা পরীক্ষা ও কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষায় এ ভিন্নতা প্রয়োগ করা হয়। এ উদ্দীপক ভিত্তিক নিচের (৩) নং ও (৪) নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

(৩) নিচের কোন্‌ বিক্রিয়াটি সঠিক নয়?
(ক) $4LiNO_3 \xrightarrow{\Delta} 2Li_2O + 4NO_2 + O_2$ (খ) $2NaNO_3 \xrightarrow{\Delta} 2NaNO_2 + O_2$
(গ) $2Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2Ca(NO_2)_2 + O_2$ (ঘ) $CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$

(৪) নিচের বিক্রিয়াগুলো লক্ষ্য কর ঃ
(i) $MgCO_3 \xrightarrow{\Delta} MgO + CO_2$, (ii) $2Co(NO_3)_2 \longrightarrow 2CoO + 4NO_2 + O_2$
(iii) $MgO + CoO \longrightarrow MgCoO_2$
কোন্‌টি সঠিক হবে?
(ক) (i) ও (ii) (খ) (i) , (ii) ও (iii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

**খ– ৩ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। (১) খ, (২) ঘ; ২। (৩) গ, ৩। (৪) খ।

http://pdfcorner.com

# ১৭ গ্রুপ-IIIA ও গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের রসায়ন
## CHEMISTRY OF GROUP-IIIA AND GROUP-IVA ELEMENTS

**বিষয়বস্তু ঃ**

- গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের উৎস, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম;
- B, Al, C, Si ও Pb-এর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের অম্ল ও ক্ষারকীয় ধর্ম;
- বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ ও অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন;
- B, Al, C ও Si -এর ক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ, জারণ অবস্থা;
- কার্বন, সিলিকন, জার্মেনিয়াম ও সিলিকেটের ব্যবহার।

## গ্রুপ-IIIA মৌলসমূহ

### ১৭.১। ভূমিকা
**Introduction**

পর্যায় সারণির p-ব্লকের ছয়টি গ্রুপের মধ্যে প্রথম দুটি গ্রুপ হল গ্রুপ-IIIA এবং গ্রুপ-IVA । প্রতিটি গ্রুপে ৫টি করে মৌল আছে। গ্রুপ-IIIA এর বোরন হল অধাতু, অন্য ৪টি মৌল হল ধাতু। বোরন ছাড়া অন্যান্য মৌল (Al, Ga, In, Tl) তাদের s ও p অরবিটালের ইলেকট্রন বর্জন করে $M^{3+}$ আয়ন গঠন করতে পারে। তারা সমযোজী বন্ধনও করতে পারে। তখন s-অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি p-অরবিটালে স্থানান্তরিত হয় এবং তিনটি $sp^2$ সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। তাই তাদের যোজনী ৩ এবং জারণ সংখ্যা + 3 হয়।

গ্রুপ-IVA এর কার্বন ও সিলিকন হল অধাতু জার্মেনিয়াম অর্ধধাতু অন্য ২টি হল ধাতু (Sn, Pb) । একমাত্র গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের মধ্যে উপর থেকে নিচের দিকে অধাতু থেকে অর্ধধাতু (বা মেটালয়েড) ও শেষের দিকের মৌলে পূর্ণ ধাতব বৈশিষ্ট্য ক্রমান্বয়ে সুস্পষ্ট হয়ে উঠেছে। গ্রুপ-IVA মৌলের মধ্যে যোজনী ২ ও ৪ হতে পারে। কার্বনের 2s অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি 2p অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়ে চারটি $sp^3$ সংকর–অরবিটাল সৃষ্টি করতে পারে। তখন কার্বনের যোজনী ৪ হয়। গ্রুপ-IVA নিচের দিকের মৌলের পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে s-অরবিটালের ইলেকট্রন যুগল ($ns^2$) ভেঙে p-অরবিটালে স্থানান্তর করা এবং সমযোজ্যতা বৃদ্ধিতে বাধা প্রাপ্ত হয়। তখন গ্রুপ-IVA এর নিচের মৌলসমূহ তাদের গ্রুপ সংখ্যার চেয়ে ২ একক কম সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে। তাই এ সব মৌলের s-অরবিটালের ইলেকট্রন যুগল ব্যবহারের অক্ষমতাকে তাদের নিষ্ক্রিয়–যুগল প্রভাব (inert-pair effect) বলা হয়। বাণিজ্যিক গুরুত্বের মধ্যে Al ধাতু কাঠামো তৈরিতে, সিলিকন ও জার্মেনিয়াম সেমি-কন্ডাকটর রূপে শিল্পে বিশেষ ভূমিকা পালন করছে। এ অধ্যায়ে মৌলসমূহের ধর্মাবলি, Al ধাতু নিষ্কাশন, বিশুদ্ধ Si প্রস্তুতি, মৌলসমূহের অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, হ্যালাইড সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

### ১৭.২। গ্রুপ-IIIA-এর মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস
**Group -IIIA Elements and their Electronic Configuration**

আধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ–IIIA এর মধ্যে ৫টি মৌল আছে। তাদের মধ্যে বোরন (Boron, B) হল অধাতু; বাকি মৌলগুলো ধাতু যেমন–অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium, Al), গ্যালিয়াম (Gallium, Ga), ইনডিয়াম (Indium, In) এবং থ্যালিয়াম (Thallium, Tl)। গ্রুপ–IIIA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

B(5) = $1s^2$ **$2s^2$ $2p^1$**

Al(13) = $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ **$3s^2$ $3p^1$**

Ga(31) = $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ **$4s^2$ $4p^1$**

http://pdfcorner.com

In(49) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}$ **$5s^2\ 5p^1$**

Tl(81) = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^{14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}$ **$6s^2\ 6p^1$**

সুতরাং ইলেকট্রন বিন্যাসে দেখা যায় যে, গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2np^1$। বোরন ছাড়া গ্রুপ-IIIA এর অন্যান্য সব মৌল হল ধাতু।

## ১৭-৩। গ্রুপ-IIIA মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম
### Physical Properties of Group -IIIA Elements

s-ব্লক মৌলের তুলনায় গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহের মধ্যে সাদৃশ্য কিছুটা কম। নিম্নের ১৭.১ নং সারণিতে গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহের কয়েকটি ভৌত ধর্ম উল্লেখ করা হল। এ সারণিতে দেখা যায়, পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে (১) মৌলসমূহের ঘনত্ব, (২) সমযোজী ব্যাসার্ধ ও (৩) আয়নিক ব্যাসার্ধ বাড়ে। কিন্তু অন্যান্য ভৌত ধর্মের বেলায় এ ধরনের সুস্পষ্ট ধারাবাহিকতা লক্ষ করা যায় না।

সারণি ১৭.১ ঃ গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহের কয়েকটি ভৌত ধর্ম।

| ভৌত ধর্ম (এককসহ) | B | Al | Ga | In | Tl |
|---|---|---|---|---|---|
| ১। পারমাণবিক সংখ্যা (Z) ঃ | 5 | 13 | 31 | 49 | 81 |
| ২। পারমাণবিক ভর (A) ঃ | 10.82 | 26.982 | 69.72 | 114.76 | 204.37 |
| ৩। ঘনত্ব (20°C) তাপমাত্রায় ($gcm^{-3}$) ঃ | 2.34 | 2.70 | 5.91 | 7.31 | 11.85 |
| ৪। গলনাঙ্ক (°C) ঃ | 2230 | 660 | 298 | 157 | 303 |
| ৫। স্ফুটনাঙ্ক (°C) ঃ | 2550 | 2270 | 2070 | 1450 | 1457 |
| ৬। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) ঃ | ০.০৪০ | 0.125 | 0.126 | 0.150 | 0.155 |
| ৭। আয়নিক ব্যাসার্ধ $M^{3+}$(nm) ঃ | ০.০২০ | 0.050 | 0.062 | 0.081 | 0.095 |
| ৮। আয়নীকরণ শক্তি ($kJmol^{-1}$) ঃ | | | | | |
| ১ম আয়নীকরণ শক্তি (১ম IP)ঃ | 800 | 578 | 579 | 558 | 589 |
| ২য় আয়নীকরণ শক্তি (২য় IP) ঃ | 2515 | 1882 | 2083 | 1879 | 2032 |
| ৩য় আয়নীকরণ শক্তি (৩য় IP) ঃ | 3792 | 2844 | 306 | 279 | 297 |
| ৯। জারণ অবস্থা ঃ | +3 | +3 | +1, +3 | +1,+3 | +1,+3 |
| ১০। তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ | 2 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 |

**(৪) ধাতব প্রকৃতি ঃ** গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহের ধর্মের ক্রম পরিবর্তন অপধাতু থেকে ধাতুর দিকে; যেমন ১ম মৌল বোরন হল অপধাতু। বোরনের কয়েকটি রূপভেদ আছে। এর সবচেয়ে সরল রূপভেদটিতে বারটি পরমাণু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে একটি বড় আকারের কাঠামো গঠন করে। ফলে বোরন অত্যন্ত কঠিন এবং এর গলনাঙ্ক খুব বেশি (2230°C)। বোরনের পর ২য় মৌল অ্যালুমিনিয়ামের ধাতব ধর্ম প্রবল। কিন্তু Al এর পরবর্তী মৌলসমূহে ধাতব ধর্ম ক্রম বৃদ্ধি না পেয়ে যেন কিছু হ্রাস পেয়েছে। এর কারণ s ব্লকের মৌলের পর Al ধাতু; কিন্তু d-ব্লক মৌলের পর Ga, In ও Tl মৌল। d-ইলেকট্রনসমূহের তুলনায় s-ইলেকট্রন দ্বারা নিউক্লিয়াসের আকর্ষণকে রোধ করা সহজ। তাই Al ধাতুর যোজ্যতা ইলেকট্রনের সঞ্চরণশীলতা বেশি এবং ধাতব বন্ধন গঠনে এরা অধিকতর সহায়ক। d-অরবিটাল ইলেকট্রন s-অরবিটাল ইলেকট্রনের তুলনায় অধিকতর আকৃষ্ট থাকে। তাই Al থেকে Tl এর দিকে ধাতব ধর্ম কিছুটা হ্রাস পায়। এটা তাদের আকার বৃদ্ধির পরও অধিক আয়নীকরণ শক্তির মান (Al এর 578 kJ, Ga এর 579 kJ) থেকে বোঝা যায়। Al ধাতুর প্রমাণ বিজারণ বিভব −1.66 V; ফলে Al ধাতু অত্যন্ত সক্রিয় হওয়ার কথা এবং বাস্তবে Al ধাতু বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে এর পৃষ্ঠতলে একটি নিষ্ক্রিয় অক্সাইড স্তর ($Al_2O_3$) তৈরি করে। এ কারণে Al ধাতু সহজে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না এবং বহুল ব্যবহৃত হয়।

**(৫) জারণ সংখ্যা ঃ** গ্রুপ-IIIA এর মৌলসমূহ তিনটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে ত্রিযোজী ধনাত্মক আয়ন $M^{3+}$ গঠন করতে পারে। ফলে তাদের বহিঃস্তরে অষ্টক পূর্ণ থাকে। তাই তাদের জারণ সংখ্যা +3 হয়।

http://pdfcorner.com

## ১৭·৪। গ্রুপ-IIIA-এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম
## Chemical Properties of Group-IIIA Elements

**(১) সক্রিয়তা ঃ** গ্রুপ–IIIA এর মৌলসমূহে নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা তিনটি ইলেকট্রন বেশি আছে। তাই এদের সাধারণ যোজনী 3। এ তিনটি ইলেকট্রনকে অপসারিত করতে যথেষ্ট শক্তির প্রয়োজন হয়; এ কারণে গ্রুপ–IIIA মৌলের যৌগসমূহ বিশুদ্ধ আয়নিক যৌগ নয়। প্রকৃতপক্ষে বোরন শুধুমাত্র সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে। অবশ্য পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে এ গ্রুপের মৌলের যৌগসমূহে শতকরা আয়নিক ভাগ বৃদ্ধি পায়।

**(২) যৌগে বন্ধন প্রকৃতি ঃ** গ্রুপ-IIIA মৌলের যোজ্যতা স্তরের তিনটি ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে ধনাত্মক আয়ন ($M^{3+}$) সৃষ্টি হয় বটে; তবে উচ্চ ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের সাথে যুক্ত ঋণাত্মক আয়নের ইলেকট্রন মেঘ উভয় আয়নের নিউক্লিয়াসের মাঝখানে ভাগাভাগি হয়ে পড়ে। ফলে সমযোজী যৌগের মত অণুতে পোলারন ঘটে। ঋণাত্মক আয়নের আকার বড় হলে, অণুতে পোলারনও বাড়ে এবং সমযোজী বৈশিষ্ট্য অধিক প্রকাশ পায়। যেমন $AlF_3$ সম্পূর্ণ আয়নিক যৌগ, $AlCl_3$ কিছুটা সমযোজী কিন্তু $AlBr_3$, $AlI_3$ অধিক পরিমাণে সমযোজী। তাই $Al_2O_3$ উভধর্মী, $AlCl_3$, $AlBr_3$, $AlI_3$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।

**(৩) অক্সাইডের প্রকৃতি ঃ** গ্রুপ–IIIA এর মৌলসমূহ বাতাসের সাথে উচ্চতর তাপমাত্রায় জারিত হয়ে ধাতব অক্সাইড ($M_2O_3$) উৎপন্ন করে। বোরন অধাতু হওয়ায় এর সমযোজী অক্সাইড অম্লীয়; অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড–এর গঠনে আয়নিক বন্ধন থাকলেও এর অণুতে সমযোজী সন্নিবেশ বন্ধনও থাকে।

তাই $Al_2O_3$ উভধর্মী; অন্যান্য ধাতুর অক্সাইড ক্ষারীয়। $B_2O_3$ অধাতব অক্সাইড হওয়ায় অম্লধর্মী। ফলে $B_2O_3$ ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে মেটাবোরেট লবণ তৈরি করে। $Al_2O_3$ ক্ষারক ও অম্ল উভয়ের সাথে বিক্রিয়া করে এবং অন্যান্য ধাতুর অক্সাইডসমূহ শুধুমাত্র অম্লের সাথে বিক্রিয়া করে এবং লবণ উৎপন্ন করে ঃ

অম্লরূপে ঃ $B_2O_3\,(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow 2NaBO_2\,(aq) + H_2O(\ell)$

অম্লরূপে ঃ $Al_2O_3(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow 2NaAlO_2\,(aq) + H_2O(\ell)$

ক্ষারকরূপে ঃ $Al_2O_3(s) + 6HCl\,(aq) \longrightarrow 2AlCl_3\,(aq) + 3H_2O\,(\ell)$

ক্ষারকরূপে ঃ $M_2O_3(s) + 3HCl\,(aq) \longrightarrow 2MCl_3\,(aq) + 3H_2O\,(\ell)$ [ M = Ga, In, Tl]

**(৪) পানির সাথে বিক্রিয়া ঃ** গ্রুপ–IIIA এর সব ধাতু উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$2M(s) + 6H_2O(\ell) \longrightarrow 2M(OH)_3(s) + 3H_2(g)$$
$$2Al(s) + 6H_2O(\ell) \longrightarrow 2Al(OH)_3(s) + 3H_2(g)$$

**(৫) খনিজ এসিডের সাথে বিক্রিয়া ঃ** এ সব ধাতু খনিজ এসিডের সাথেও বিক্রিয়া করে এবং তাতে লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ

$$2M(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 2MCl_3(aq) + 3H_2(g)\ ; \quad [M = Al, Ga, In, Tl]$$
$$2Al(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$$

অপরদিকে বোরন গাঢ় সালফিউরিক এসিড ও নাইট্রিক এসিডের মত জারক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে বোরিক এসিড ($H_3BO_3$) উৎপন্ন করে। কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম ঐ সব জারণধর্মী এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে ঐ সব এসিডের অ্যালুমিনিয়াম লবণ গঠন করে।

$$B(s) + 3HNO_3\,(aq) \longrightarrow H_3BO_3\,(aq) + 3NO_2(g)$$
$$2B(s) + 3H_2SO_4(aq) \longrightarrow 2H_3BO_3\,(aq) + 3SO_2(g)$$
$$2Al(s) + 12HNO_3(aq) \longrightarrow 2Al(NO_3)_3\,(aq) + 6NO_2\,(g) + 6H_2O(\ell)$$

**(৬) নাইট্রোজেনসহ বিক্রিয়া ঃ** বোরনসহ গ্রুপ–IIIA এর সব মৌল উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের সাথে ধাতব নাইট্রাইড (MN) উৎপন্ন করে।

$$2M(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MN\,(s) \qquad [M = B, Al, Ga, In, Tl]$$
$$2Al(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2AlN(s)$$
$$2B(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2BN(s)$$

ধাতব নাইট্রাইড উত্তপ্ত পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও $NH_3$ গ্যাস উৎপন্ন করে। যেমন–

$$AlN(s) + 3H_2O(\ell) \xrightarrow{\Delta} Al(OH)_3\,(s) + NH_3\,(g)$$

http://pdfcorner.com

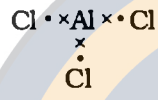
**(৭) হ্যালোজেনসহ বিক্রিয়া ঃ** উত্তপ্ত অবস্থায় হ্যালোজেনসমূহের সাথে গ্রুপ-IIIA এর সব মৌল বিক্রিয়া করে ধাতব হ্যালাইড ($MX_3$) উৎপন্ন করে।

$$2M(s) + 3X_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MX_3(s) \quad [M = B, Al, Ga, In, Tl]$$

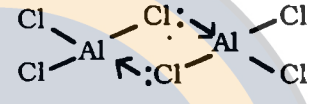
$$2B(s) + 3Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2BCl_3(s)$$

$$2Al(s) + 3Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2AlCl_3(s)$$

**(i) $AlCl_3$ এর ডাইমার ($Al_2Cl_6$) গঠন ঃ** মূলত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) আয়নিক বন্ধন দ্বারা গঠিত হলেও $Al^{3+}$ আয়নের চার্জ ঘনত্ব অধিক। [অর্থাৎ 'আয়নের চার্জ/ব্যাসার্ধ' অনুপাত হল 3 একক চার্জ /0.05 nm = 60 একক চার্জ $nm^{-1}$ যা $Na^+$ আয়ন ও $Mg^{2+}$ আয়নের 'চার্জ/ব্যাসার্ধ' অনুপাত অপেক্ষা অনেক বেশি (যেমন $Na^+$ এর চার্জ ঘনত্ব 10 একক চার্জ $nm^{-1}$ এবং $Mg^{2+}$ এর চার্জ ঘনত্ব 30 একক চার্জ $nm^{-1}$)। ] ফলে $Al^{3+}$ আয়ন দ্বারা ঋণাত্মক আয়ন যেমন $Cl^-$ আয়নের পোলারায়ন সহজেই ঘটে। এ অবস্থায় ঋণাত্মক আয়ন যেমন $Cl^-$ আয়নের ইলেকট্রন ঘনত্ব Al পরমাণু ও Cl পরমাণুর দুই নিউক্লিয়াসের মাঝখানে অবস্থান নেয়। তখন Al পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে তিন জোড়া বন্ধন ইলেকট্রন থাকে অর্থাৎ অষ্টক অপূর্ণ থাকে। তাই অষ্টক পূরণের জন্য দুটি করে $AlCl_3$ অণুর Al পরমাণু পার্শ্ববর্তী Cl পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা ডাইমার অণু ($Al_2Cl_6$) সৃষ্টি করে।



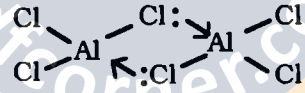
মনোমার ($AlCl_3$)



ডাইমার ($Al_2Cl_6$)

কঠিন অবস্থায় এই ডাইমার অণুসমূহ মোটামুটি চতুস্তলকীয় গঠন ও শীট আকারে দুর্বল ভ্যানডারওয়াল আকর্ষণ বল দ্বারা কেলাস সৃষ্টি করে। অনুরূপভাবে $AlBr_3$ ও $AlI_3$ ডাইমার যেমন $Al_2Br_6$, $Al_2I_6$ গঠন করে থাকে।

**(ii) $AlCl_3$ এর ঊর্ধ্বপাতন ঃ** অধিক চার্জ ঘনত্বের কারণে $Al^{3+}$ আয়ন দ্বারা $Cl^-$ আয়নের বেশ পোলারায়ন ঘটে। তাই কঠিন অবস্থায় বিশুদ্ধ আয়নিক যৌগের মত $AlCl_3$ এর উচ্চ ল্যাটিস এনথালপি থাকে না। এ অবস্থায় Al পরমাণুর চতুর্দিকে Cl পরমাণুসমূহ বিন্যস্ত হয়ে Al এর অষ্টকপূর্ণ করে। তখন নিম্নরূপে Al পরমাণু ও Cl পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা ডাইমার অণু ($Al_2Cl_6$) গঠিত হয়।



ডাইমার অণুতে প্রতিটি Al পরমাণুর চতুর্দিকে Cl পরমাণুসমূহ বিন্যস্ত হয়ে চতুস্তলকীয় গঠন তৈরি করে।

কঠিন অবস্থায় চতুস্তলকীয় ডাইমার অণু শীট আকারে স্তর সৃষ্টি করে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল দ্বারা কেলাস সৃষ্টি করে। প্রায় 180°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে ডাইমার $Al_2Cl_6$ অণুসমূহ ভ্যানডার ওয়াল্‌স আকর্ষণ বলের প্রভাবমুক্ত হয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক বায়ুমণ্ডল চাপ (1atm) এর অধিক চাপ সৃষ্টি করে। তাই বিগলিত হওয়ার পূর্বে (গলনাঙ্ক 423°C) $Al_2Cl_6$ কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাষ্পীভূত হয় অর্থাৎ ঊর্ধ্বপাতিত হয়। তাই সাধারণভাবে $AlCl_3$ এর কোন তরল ভৌত অবস্থা থাকে না। গ্যাসীয় অবস্থায় ও উচ্চ তাপমাত্রায় চতুস্তলকীয় ডাইমার ($Al_2Cl_6$) বিযোজিত হয়ে সমতলীয় ত্রিকোণাকার মনোমার ($AlCl_3$) অণু সৃষ্টি হয়।

**(iii) $AlCl_3$-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী ঃ** অনার্দ্র $AlCl_3$ এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য অধিক। কিন্তু জলীয় দ্রবণে $AlCl_3$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Al^{3+}(aq)$ আয়ন তৈরি করে। সমযোজী অবস্থা থেকে আয়নিক অবস্থায় রূপান্তরের কারণ হল **$Al^{3+}$ আয়নের উচ্চ হাইড্রেশান এনথালপি, যা $AlCl_3$ এর আয়নীকরণে সাহায্য করে।** হাইড্রেশান কালে ছয় অণু পানির অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ($H_2\ddot{O}:$) এর সাথে $Al^{3+}$ আয়ন সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা হেক্সাঅ্যাকুয়া অ্যালুমিনিয়াম (iii) আয়ন $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ নামক জটিল আয়ন গঠন করে। এর ফলে পানি অণুর O–H এর বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল অক্সিজেন পরমাণুর দিকে অধিকতর আকৃষ্ট হতে থাকে। তখন পোলার পানি অণুর H-পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\overset{\delta^-}{O}-\overset{\delta^+}{H}$) আরো বাড়তে থাকে। এর ফলে আংশিক ধনাত্মক চার্জযুক্ত



http://pdfcorner.com

H পরমাণু ক্ষারকরূপী পানি অণুকে আকর্ষণ করে নিজে প্রোটন ($H^+$) রূপে মুক্ত হয় এবং $H_2O$ এর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ($H_3O^+$) গঠন করে।

$$AlCl_3(s) + aq \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3Cl^-(aq)$$

$$Al^{3+}(aq) + 6H_2\ddot{O}: \longrightarrow [Al(H_2\ddot{O})_6]^{3+}(aq)$$

হেক্সাঅ্যাকুয়া অ্যালুমিনিয়াম (iii) আয়ন

$$[Al(H_2\ddot{O})_6]^{3+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow [Al(OH)(H_2\ddot{O})_5]^{2+}(aq) + H_3O^+$$

ক্ষারক হাইড্রোনিয়াম আয়ন

$$[Al(OH)(H_2\ddot{O})_5]^{2+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow [Al(OH)_2(H_2\ddot{O})_4]^{+}(aq) + H_3O^+$$

এরূপে দ্রবণে হাইড্রোনিয়াম আয়ন সৃষ্টির কারণে দ্রবণের $p^H$ এর মান 7 এর চেয়ে কম হয় অর্থাৎ $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে ক্যাটায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ বলা হয়। উল্লেখ্য, সবল ক্ষারক যেমন $OH^-$, $CO_3^{2-}$, $S^{2-}$ ইত্যাদির প্রভাবে তৃতীয় প্রোটনটিও মুক্ত হয়।

[ উল্লেখ্য $Na_2CO_3$ এর আর্দ্রবিশ্লেষণে ক্ষারীয় দ্রবণ ও $CuSO_4$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণে অম্লীয় দ্রবণ সৃষ্টি যথাক্রমে অ্যানায়নিক ও ক্যাটায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা ঘটে। তবে উভয় লবণে আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য প্রবল থাকে। [ অনুচ্ছেদ ১০.১৩ দ্রষ্টব্য] কিন্তু $Al^{3+}$ আয়নের চার্জ ঘনত্বের আধিক্যের কারণে $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$ অধিকতর সমযোজী হওয়ায় $Al^{3+}$ এর ক্যাটায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ উপরিউক্ত লবণ দুটির অনুরূপ নিয়মে ঘটে না। অর্থাৎ সব লবণের ক্ষেত্রে একই নিয়ম প্রযোজ্য নয়।]

## ১৭·৫। বোরন ও সিলিকনের সাদৃশ্য
### Similarities between Boron and Silicon

বোরন ও সিলিকন পর্যায় সারণিতে যথাক্রমে গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA এর মৌল হওয়া সত্ত্বেও **কর্ণ সম্পর্কের কারণে** তাদের গভীর মিল লক্ষ করা যায়। তাদের পরমাণুর আকার প্রায় সমান এবং তারা প্রায় সমান তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় এ সাদৃশ্য দেখা যায়। নিম্নে এ সব সাদৃশ্যের কিছু উদাহরণ দেয়া হল।

**(১) অধাতব প্রকৃতি ঃ** বোরন ও সিলিকন উভয়েই অধাতু; যদিও গ্রুপ–IIIA এর অন্য সব মৌল ও (কার্বন ব্যতীত) গ্রুপ–IV এর অন্য মৌলসমূহ ধাতু। এ কারণে যে সব এসিডের জারণ ক্ষমতা নেই (যেমন HCl), তাদের সাথে এ মৌল দুটি বিক্রিয়া করে না।

**(২) অক্সাইডের প্রকৃতি ঃ** অধাতু হওয়ার কারণে তাদের অক্সাইডদ্বয় $B_2O_3$ ও $SiO_2$ অম্লধর্মী। উভয় অক্সাইডই প্রকৃতপক্ষে উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট অণু দ্বারা গঠিত। ফলে উভয়ের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি এবং তারা সাধারণ জৈব বা অজৈব দ্রাবকসমূহে (ক্ষারক ব্যতীত) অদ্রাব্য। তাদের অক্সাইড ক্ষার দ্রবণে মেটাবোরেট ও সিলিকেট উৎপন্ন করে।

$$B_2O_3(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow 2NaBO_2(aq) + H_2O(l)$$

সোডিয়াম মেটাবোরেট

$$SiO_2(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SiO_3(aq) + H_2O(l)$$

সোডিয়াম সিলিকেট

**(৩) ক্ষারের সাথে ক্রিয়া ঃ** উভয় মৌল সাধারণ অবস্থায় ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে না, তবে উচ্চ তাপে গলিত ক্ষারের সাথে এ মৌলদ্বয় বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$6NaOH(l) + 2B(s) \xrightarrow{\Delta} 2Na_3BO_3(s) + 3H_2(g)$$

সোডিয়াম বোরেট

$$2NaOH(l) + Si(s) + H_2O(l) \xrightarrow{\Delta} 2Na_2SiO_3(s) + 2H_2(g)$$

সোডিয়াম সিলিকেট

**(৪) হাইড্রাইড গঠন ঃ** উভয় মৌল বিভিন্ন হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। এ সব হাইড্রাইড সমযোজী যৌগ যেমন, বোরন হাইড্রাইড ($BH_3$), সিলিকন হাইড্রাইড ($SiH_4$)।

**(৫) প্রকৃতিতে অবস্থান ঃ** উভয় মৌলই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না। অক্সো–অ্যানায়ন (যেমন বোরেট ও সিলিকেট) হিসেবেই প্রকৃতিতে বিভিন্ন যৌগে তাদের পাওয়া যায়।

http://pdfcorner.com

**(৬) ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** বোরন ও সিলিকন ক্লোরাইড ও অন্যান্য হ্যালাইডসমূহ সমযোজী যৌগ। এ সব যৌগ পানির সংস্পর্শে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে তাদের হাইড্রক্সাইড বা অক্সো এসিড ও HCl উৎপন্ন করে।

$$BCl_3(s) + 3H_2O(\ell) \rightleftharpoons \underset{\text{বোরিক এসিড}}{B(OH)_3(s)} \quad \text{বা, } H_3BO_3(s) + 3HCl(aq)$$

$$SiCl_4(s) + 4H_2O(\ell) \rightleftharpoons \underset{\text{সিলিসিক এসিড}}{Si(OH)_4(s)} \quad \text{বা, } H_4SiO_4(s) + 4HCl(aq)$$

**(৭) বহুরূপতা ঃ** বোরন ও সিলিকন উভয় মৌলই বহুরূপতা দেখায়।

**(৮) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** উভয় মৌলের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক খুব বেশি।

## ১৭.৫.১ বোরন ও সিলিকনের বৈসাদৃশ্য বা পার্থক্য

**Dissimilarities between Boron and Silicon**

কর্ণ সম্পর্কের কারণে বোরন ও সিলিকনের মধ্যে অধিক সাদৃশ্য ধর্ম দেখা যায়। তবে বোরন ও সিলিকন যথাক্রমে গ্রুপ IIIA ও গ্রুপ IVA এর মৌল হওয়ায় তাদের মধ্যে ভিন্ন গ্রুপভিত্তিক কিছু পার্থক্য বা বৈসাদৃশ্য থাকা স্বাভাবিক। যেমন—

**(১) যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** বোরনের যোজ্যতা ইলেকট্রন হল $2s^2 2p_x^1$ এবং সিলিকনের তা হল $3s^2 3p_x^1 3p_y^1$। সিলিকনের খালি 3d অরবিটাল আছে; বোরনের খালি d অরবিটাল নেই।

**(২) জারণ অবস্থা ঃ** বোরনের তিনটি যোজ্যতা ইলেকট্রন ($2s^2 2p_x^1$) বিক্রিয়াকালে $sp^2$ সংকরিত অবস্থায় তিনটি Cl পরমাণুর সাথে সমযোজ্যতায় $BCl_3$ গঠন করে। তাই B এর জারণ সংখ্যা + 3 হয়। অপরদিকে সিলিকনের যোজ্যতা স্তরের $3p_x^1 3p_y^1$ ইলেকট্রন সহযোগে দুটি Cl পরমাণু সমযোজ্যতায় $SiCl_2$ এবং এর $3s^2 3p_x^1 3p_y^1$ ইলেকট্রন চারটির সাথে চারটি Cl পরমাণু সমযোজ্যতায় $SiCl_4$ গঠন করে। তাই Si এর জারণ সংখ্যা + 2 ও + 4 হতে পারে। অর্থাৎ বোরনের জারণ সংখ্যা স্থির; কিন্তু Si এর জারণ সংখ্যা পরিবর্তনশীল।

**(৩) আয়নীকরণ শক্তি ঃ** বোরনের ১ম আয়নীকরণ শক্তি 800 $kJmol^{-1}$ ; অপরদিকে Si এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি 786 $kJmol^{-1}$। অর্থাৎ B এর আয়নীকরণ শক্তি Si এর চেয়ে কিছু বেশি।

**(৪) তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** বোরনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা হল 2; অপরদিকে Si এর তা হল 1.74। অর্থাৎ B এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা Si এর চেয়ে কিছু বেশি।

**(৫) ক্যাটেনেশন ঃ** বোরনের ক্যাটেনেশন ধর্ম বা স্বপরমাণু যুক্ত হয়ে চেইন বা বলয় গঠন ক্ষমতা নেই। সিলিকনের ক্যাটেনেশন ধর্ম আছে।

**(৬) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** বোরনের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সিলিকনের চেয়ে বেশি। যেমন বোরনের গলনাঙ্ক হল 2230°C এবং স্ফুটনাঙ্ক হল 2550°C। অপরদিকে সিলিকনের গলনাঙ্ক হল 1414°C এবং স্ফুটনাঙ্ক হল 2355°C।

## ১৭.৬। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

**Extraction of Aluminium Metal**

**উৎস ঃ** অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান কয়েকটি আকরিকের নাম ও সংকেত নিম্নরূপ ঃ

| | | |
|---|---|---|
| ১। বক্সাইট | (Bauxite) | $Al_2O_3.2H_2O$ |
| ২। কোরান্ডাম | (Corundum) | $Al_2O_3$ |
| ৩। ডায়াস্পোর | (Diaspore) | $Al_2O_3.H_2O$ |
| ৪। জিবসাইট | (Gibbsite) | $Al_2O_3.3H_2O$ |
| ৫। ক্রায়োলাইট | (Cryolite) | $AlF_3.3NaF$ |
| ৬। অ্যালুনাইট | (Alunite) | $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.4Al(OH)_3$ |

http://pdfcorner.com

বক্সাইট আকরিকের মধ্যে $Al_2O_3$–এর পরিমাণ সাধারণত শতকরা 50—60 ভাগ থাকে এবং অপদ্রব্য হিসেবে প্রধানত ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3$) ও সিলিকা ($SiO_2$) মিশ্রিত থাকে। বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু প্রস্তুত করবার পূর্বেই $Fe_2O_3$ ও $SiO_2$ বিমুক্ত করে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড তৈরি করতে হয়। অন্যথায় উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামে আয়রন ও সিলিকন বিদ্যমান থাকে এবং তখন ধাতুটি ভঙ্গুর হয় এবং পানি দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয়। সুতরাং **বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন নিম্নোক্ত দুটি ধাপে সম্পন্ন করা হয় ঃ**

১। বক্সাইট থেকে অপদ্রব্য দূর করে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ($Al_2O_3$) বা অ্যালুমিনা উৎপাদন।

২। অ্যালুমিনার তড়িৎ–বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদন।

**(১) বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ ঃ অ্যালুমিনা উৎপাদন ঃ** বক্সাইট আকরিকের মধ্যে 50 – 60% $Al_2O_3$ এবং অবশিষ্ট পরিমাণ খনিজ মল থাকে। খনিজ মলের মধ্যে প্রধানত ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3$) ও সিলিকা ($SiO_2$) প্রধান। বক্সাইটের বিশোধন বা খনিজ মল দূর করার জন্য বর্তমানে বেয়ার পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় ঃ

**(ক) বেয়ার পদ্ধতি ঃ** মিহিচূর্ণ বক্সাইটকে গাঢ় (45% মাত্রার) NaOH দ্রবণের সাথে একটি অটোক্লেভে (autoclave) উচ্চচাপে 150°C তাপমাত্রায় কয়েক ঘণ্টা (২–৮) উত্তপ্ত করা হয়। ফলে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও NaOH এর বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় হাইড্রেটেড সোডিয়াম অ্যালুমিনেট এবং পানি উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায় ঃ

$$\underset{\text{বক্সাইট}}{Al_2O_3.2H_2O} + 2NaOH + H_2O \xrightarrow{150\,^\circ C} \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAl(OH)_4}$$

অম্লধর্মী সিলিকা NaOH এর সাথে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে।

$$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

কিন্তু ক্ষারকীয় অপদ্রব্য আয়রন অক্সাইড ও NaOH কোন বিক্রিয়া করে না। ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3$) সোদক ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3.3H_2O$) রূপে অদ্রবণীয় অবস্থায় থেকে যায়।

$$Fe_2O_3 + 3H_2O \rightarrow Fe_2O_3.3H_2O \text{ বা, } 2Fe(OH)_3$$

পরে উৎপন্ন দ্রবণে পানি যোগ করে অদ্রবণীয় সোদক ফেরিক অক্সাইড প্রভৃতি ছেঁকে পৃথক করা হয়। তারপর পরিস্রুত দ্রবণটিতে অল্প পরিমাণ সদ্য প্রস্তুত $Al(OH)_3$ গুড়া 'বীজ-নিউক্লিয়াস' রূপে মিশিয়ে 10°– 30°C তাপমাত্রায় দ্রুত আলোড়িত করা হয়। এতে দ্রবীভূত হাইড্রেটেড সোডিয়াম অ্যালুমিনেট $NaAl(OH)_4$ এর বিযোজন ঘটে; ফলে অদ্রবণীয় $Al(OH)_3$ উৎপন্ন ও অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$NaAl(OH)_4(aq) \longrightarrow NaOH(aq) + Al(OH)_3(s)$$

তারপর মিশ্রণটিকে ছেঁকে $Al(OH)_3$ পৃথক করা হয় এবং একে 1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) তৈরি করা হয়। $2Al(OH)_3(s) \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{অ্যালুমিনা}}{Al_2O_3(s)} + 3H_2O(g)$

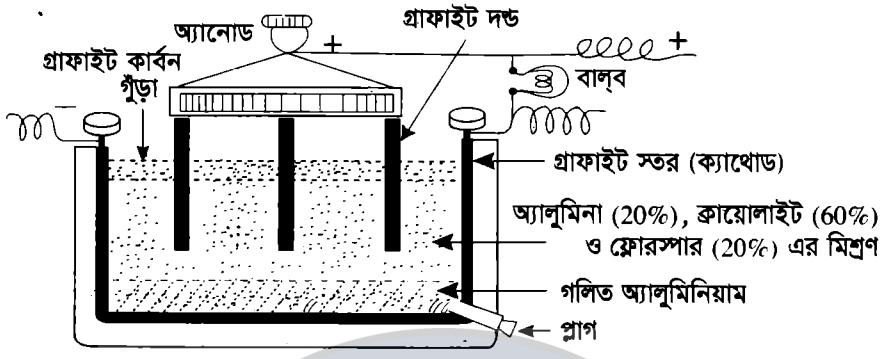
এ প্রসঙ্গে উল্লেখ্য যে, $Al_2O_3$ ও $Al(OH)_3$ উভধর্মী হওয়ার কারণেই এভাবে বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ সম্ভব।

$Al_2O_3$ এর অম্লধর্ম না থাকলে তা NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত হত না, ফলে $Fe_2O_3$ ও অন্যান্য ক্ষারকীয় অক্সাইড থেকে একে পৃথক করা যেত না। অপরদিকে অতি দুর্বল অম্ল হওয়ার কারণে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে লঘু করে বা তার ভেতর দিয়ে $CO_2$ প্রবাহিত করে $Al(OH)_3$ কে দ্রবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত করা যায়।

**(২) অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা Al ধাতু নিষ্কাশন ঃ** অ্যালুমিনা বা বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ($Al_2O_3$) এর গলনাঙ্ক প্রায় 2050°C। তাই অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সাথে বিগালকরূপে ক্রায়োলাইট [$AlF_3.3NaF$] নামক খনিজ বিগলিত অবস্থায় ব্যবহার করা হয়। এর গলনাঙ্ক 1000°C। ক্রায়োলাইট ব্যবহারে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের গলনাঙ্ক কমে 950°C হয়।

**বর্ণনা ঃ** একটি ইস্পাতের ট্যাংকের ভেতর দিকে গ্রাফাইটের স্তর দেয়া থাকে। এ **গ্রাফাইট স্তর ক্যাথোড** হিসেবে কাজ করে। কয়েকটি **গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোড** হিসেবে ট্যাংকের মাঝখানে উপর থেকে ঝুলিয়ে দেয়া হয় (চিত্র ১৭.১)। এ ট্যাংকে প্রথমে বিগালক ক্রায়োলাইট 60% ও তরলতা বৃদ্ধিকারক ফ্লোরস্পার, $CaF_2$ (20%) যোগ করে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়। এ সময় তাপের সৃষ্টি হয় এবং এ উত্তাপে মিশ্রণটিকে গলানো হয়। পরে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড $Al_2O_3$ (20%) যোগ করে তরল ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করা হয়।

http://pdfcorner.com




চিত্র ১৭.১ ঃ অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন।

তড়িৎ প্রবাহের কারণে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ নিচের সমীকরণ মতে চলতে থাকে।

প্রাথমিক বিয়োজন ঃ $Al_2O_3\ (l) \longrightarrow 2Al^{3+}\ (l) + 3O^{2-}\ (l)$

ক্যাথোডে বিজারণ ঃ $Al^{3+}\ (l) + 3e^- \longrightarrow Al\ (l)$

অ্যানোডে জারণ ঃ $2O^{2-}(l) \longrightarrow 2O + 4e^-$ ; $2O \longrightarrow O_2\ (g)$

তখন ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু সঞ্চিত হতে থাকে। এর গলনাঙ্ক 660°C হওয়ায় একে তরলিত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং ক্রায়োলাইট অপেক্ষা ভারী হওয়ায় নিচের দিকে জমতে থাকে। ট্যাংকের নিচের দিকে নির্গমন নলের প্লাগ মাঝে মাঝে খুলে অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে বের করে আনা হয়। অপরদিকে অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, যা এ উচ্চ তাপমাত্রায় গ্রাফাইট অ্যানোডের কার্বনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাইক্সাইড উৎপন্ন করে। যেহেতু তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, কিছু সময় পরপর অ্যানোড পরিবর্তনের প্রয়োজন হয়। অ্যানোডের এ ক্ষয় রোধ করার জন্য গলিত ক্রায়োলাইটের উপর গ্রাফাইট কার্বন গুঁড়া ছড়িয়ে দেয়া হয়, যেন উৎপাদিত অক্সিজেন এ কার্বন গুঁড়ার সাথে বিক্রিয়া করে।

গ্রাফাইট কার্বনের সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঃ $2C + O_2 \longrightarrow 2CO\ (g)$ ; $C + O_2 \longrightarrow CO_2(g)$

তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় ক্রায়োলাইট অপরিবর্তিত থাকে, শুধু অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের পরিমাণ কমে। $Al_2O_3$ এর পরিমাণ কমলে তড়িৎ প্রবাহ বাধা পায়। তখন সমান্তরাল বর্তনীতে সংযুক্ত বৈদ্যুতিক বাল্‌বটি জ্বলে উঠে এবং নতুনভাবে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড যোগ করে তড়িৎ বিশ্লেষণ অব্যাহত রাখা হয়।

**(ক) $Al_2O_3$ থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Al ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব নয়–এর ব্যাখ্যা।**

ধাতু নিষ্কাশনের সাধারণ পদ্ধতি হল ধাতব অক্সাইডকে কার্বন বা CO দ্বারা বিজারিত করে ধাতুতে পরিণত করা; এ পদ্ধতিকে কার্বন বিজারণ বলে। $Al_2O_3$ কে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Al ধাতুতে পরিণত করা সম্ভব হয় না। এর কারণ–

(১) কার্বন (C) অপেক্ষা অ্যালুমিনিয়াম (Al) ধাতুর প্রতি অক্সিজেনের আসক্তি বেশি হওয়ায় স্বাভাবিকভাবে $Al_2O_3$ কে কার্বন বা CO দ্বারা বিজারিত করা যায় না। যে সব ধাতব অক্সাইডের গঠন এনথালপি CO ও $CO_2$ এর গঠন এনথালপি অপেক্ষা বেশি, সে সব ধাতব অক্সাইডকে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে C ও CO দ্বারা বিজারিত করা সম্ভব। কিন্তু $Al_2O_3$ এর গঠন এনথালপি কম।

(২) তবে 2000°C তাপমাত্রায় উভমুখী বিক্রিয়া দ্বারা আংশিকভাবে কার্বন বিজারণ ঘটলেও তখন উৎপন্ন Al ধাতু বাষ্পীভূত হয়। এছাড়া Al ধাতু উত্তপ্ত কার্বনের সাথে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড গঠন করে।

$Al_2O_3\ (l) + 3C \underset{}{\overset{2000°C}{\rightleftharpoons}} 2Al\ (g) + 3CO(g)$ $\qquad \Delta H = 124.3\ kJ$

$4Al(g) + 3C \xrightarrow{2000°C} Al_4C_3$ (অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড)

http://pdfcorner.com

## ১৭·৭। অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার ও এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব
### Uses and Economic importance of Aluminium

অ্যালুমিনিয়াম ধাতু বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। তন্মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে ঃ

(১) **বিদ্যুৎ সুপরিবাহী** বলে Al ধাতু বৈদ্যুতিক ক্যাবল তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। সাধারণত তামা এ উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হলেও অ্যালুমিনিয়ামের দাম তামার তুলনায় অনেক কম। তাই বর্তমানে এ উদ্দেশ্যে অ্যালুমিনিয়াম প্রচুরভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে।

(২) ক্ষয়রোধী, তাপ পরিবাহী ও হাল্কা, সস্তা, বলে বাসনপত্র তৈরিতে প্রচুর পরিমাণে Al ধাতু ব্যবহৃত হয়।

(৩) অ্যালুমিনিয়াম হাল্কা ও যথেষ্ট ভার বহন ক্ষমতার অধিকারী বলে অ্যালুমিনিয়ামের ধাতু-সংকর যেমন **ডুরালুমিন** (95% Al, 4% Cu, 0.5% Mg, 0.5% Mn) ও **নিকেলয়** (95% Al, 4% Cu, 1% Ni) উড়োজাহাজ, রেলগাড়ি, মোটর গাড়ি, ট্রাম প্রভৃতির কাঠামো নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

(৪) বিভিন্ন সংকর ধাতু যেমন **ম্যাগনেলিয়াম** (70 – 95% Al ও Mg 30 – 5%), **অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ** (Cu, 90 – 80) ও Al, 10 – 20%) তৈরিতে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়।
'ম্যাগনেলিয়াম' দ্বারা নিক্তি ও হালকা যন্ত্রপাতি লেদ মেশিনে তৈরি করা হয়। 'অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ' সোনালী ও ক্ষয়রোধী হওয়ায় ফটোফ্রেম, কৃত্রিম অলংকার ও ফুলদানি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৫) ক্ষয়রোধী ধর্মের জন্য অ্যালুমিনিয়ামের পাতলা পাত তথাকথিত রৌপ্য কাগজ হিসেবে চকলেট, সিগারেট ও বিভিন্ন খাদ্যবস্তুর মোড়ক হিসেবে এবং টুথপেস্টের নমনীয় টিউব হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(৬) Al ধাতুর মসৃণতা ও ধাতব ঔজ্জ্বল্যের জন্য অ্যালুমিনিয়াম ট্রে, ছবির ফ্রেম, দূরবীণের আয়না প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৭) ফটোগ্রাফির জন্য ফ্ল্যাশ বাল্ব তৈরিতে অ্যালুমিনিয়াম গুঁড়া ব্যবহৃত হয়।

(৮) অক্সিজেনের প্রতি এর তীব্র আসক্তির জন্য বিশুদ্ধ আয়রন, ক্রোমিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকরূপে Al ব্যবহৃত হয়।

(৯) থারমিট পদ্ধতিতে ভাঙা লোহার টুকরা জোড়া লাগাতে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ব্যবহৃত হয়।

(১০) থারমিট বোমা এবং অন্য ধরনের বোমা বানাতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়।

# গ্রুপ-IVA মৌলসমূহ

## ১৭·৮। গ্রুপ-IVA মৌলসমূহ ও তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস
### Group -IVA Elements and their Electronic Configuration

আধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ–IVA এর সর্বমোট পাঁচটি মৌল আছে। মৌলসমূহ হচ্ছে কার্বন (Carbon, C), সিলিকন (Silicon, Si), জার্মেনিয়াম (Germanium, Ge), টিন বা স্ট্যানাম (Tin, Sn) এবং লেড বা প্লাম্বাম (Lead, Pb)। তাদের মধ্যে কার্বন ও সিলিকন **অধাতু**, জার্মেনিয়াম **অর্ধ–ধাতু** এবং অপর দুটি মৌল **ধাতু**। গ্রুপ–IVA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

C (6) = $Is^2$ $\mathbf{2s^2\ 2p^2}$

Si (14) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6$ $\mathbf{3s^2\ 3p^2}$

Ge (32) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ $\mathbf{4s^2\ 4p^2}$

Sn (50) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}$ $\mathbf{5s^2\ 5p^2}$

Pb (82) = $Is^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^{14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}$ $\mathbf{6s^2\ 6p^2}$

সুতরাং ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে দেখা যায় যে, গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2\ np^2$।

## ১৭·৯। গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম
### Physical Properties of Group-IVA Elements

নিম্নের ১৭.২ নং সারণিতে গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম সন্নিবেশিত হয়েছে। এ সারণিতে দেখা যায়, পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলসমূহের কতিপয় ধর্ম সামঞ্জস্যপূর্ণভাবে পরিবর্তিত হয়, অন্যগুলো হয় না।

http://pdfcorner.com

**(১) পর্যায় সারণিতে অবস্থানজনিত বৈশিষ্ট্য ঃ** গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস একই ধরনের হওয়ায় তাদের বিভিন্ন ধর্মে যথেষ্ট মিল দেখা যায়। অবশ্য একই সাথে গরমিলও কম নয়। কার্বনের আকার এ গ্রুপের অন্যান্য পরমাণুর আকারের তুলনায় বেশি ছোট। আকারে বেশি ছোট হওয়ায় কার্বনের সাথে এ গ্রুপের অন্যান্য পরমাণুর ধর্মের মধ্যে বেশি পার্থক্য দেখা যায়। পর্যায় সারণির মধ্যবর্তী হওয়ায় এ সব মৌল অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক বা তড়িৎ ধনাত্মক নয়। অপরদিকে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলসমূহের তড়িৎ ধনাত্মকতা বৃদ্ধি পায়।

**(২) পারমাণবিক, সমযোজী ও আয়নিক ব্যাসার্ধ ঃ** পর্যায় সারণির যে কোন গ্রুপ বা শ্রেণীতে সাধারণত পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, সমযোজী ব্যাসার্ধ, আয়নিক ব্যাসার্ধ বাড়ে। গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের বেলায়ও একই ধারা পরিলক্ষিত হয়।

**(৩) আয়নীকরণ বিভব ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা ঃ** এ দুটি ধর্ম মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম; যারা পর্যায় সারণির যে-কোন গ্রুপ বা শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে কমে। গ্রুপ-IVA মৌলসমূহ একই ধরনের ধর্ম দেখায়।

**(৪) ধাতব ও অধাতব প্রকৃতি ঃ** সাধারণত যে কোন গ্রুপ বা শ্রেণীতে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে মৌলসমূহের ধাতব প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়। এ সব মৌলের বেলায়ও তা হয়। যেমন কার্বন নিঃসন্দেহে একটি অধাতু। সিলিকনও অধাতু, তবে এতে কিঞ্চিৎ পরিমাণ ধাতব প্রকৃতি দেখা যায়। জার্মেনিয়াম অর্ধ-ধাতু; অর্থাৎ এতে ধাতু এবং অধাতু উভয় প্রকৃতিই প্রায় সমভাবে বিদ্যমান। অপরদিকে টিন ও লেড ধাতু।

**(৫) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ** এ মৌলসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধির সাথে কোন ধরনের ধারাবাহিকতা রক্ষা করে না। তাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ব্যতিক্রমসহ ক্রমশ হ্রাস পায়।

**সারণি ১৭.২ ঃ গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের কতিপয় ভৌত ধর্ম।**

| ভৌত ধর্ম (এককসহ) | C | Si | Ge | Sn | Pb |
|---|---|---|---|---|---|
| ১। পারমাণবিক সংখ্যা (Z) ঃ | 6 | 14 | 32 | 50 | 82 |
| ২। পারমাণবিক ভর (A) ঃ | 12.011 | 28.06 | 72.6 | 118.7 | 207.20 |
| ৩। ঘনত্ব (20°C, g/mL) | 2.22 (গ্রাঃ) 3.51 (হীঃ) | 2.33 | 5.36 | 7.31 | 11.34 |
| ৪। গলনাঙ্ক (°C) | 3550 | 1414 | 959 | 232 | 328 |
| ৫। স্ফুটনাঙ্ক (°C) | 4830 | 2355 | 2700 | 2362 | 1755 |
| ৬। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm) | 0.077 | 0.117 | 0.122 | 0.140 | 0.154 |
| ৭। আয়নিক ব্যাসার্ধ (nm) $M^{4+}$ আয়ন ঃ | 0.016 | 0.042 | 0.053 | 0.071 | 0.084 |
| ৮। আয়নীকরণ বিভব ($kJmol^{-1}$) ১ম আয়নীকরণ বিভব (১ম IP) | 1086 | 786 | 760 | 710 | 720 |
| ৯। জারণ অবস্থা ঃ | +2, +4 | +2,+4 | +2, +4 | +2, +4 | +2,+4 |
| ১০। তড়িৎ ঋণাত্মকতা (ক)* | 2.50 | 1.74 | 2.02 | 1.72 | 1.55 |
| (খ)* | 2.55 | 1.90 | 2.01 | 1.96 | 2.35 |

*(ক) A. Rochow সূত্রানুসারে এবং *(খ) Pauling সূত্রানুসারে হিসাবকৃত।

**(৬) জারণ অবস্থা ঃ** গ্রুপ-IVA মৌলের যোজনী স্তরে চারটি ইলেকট্রন ($ns^2np^2$) থাকায় তাদের পক্ষে চার যোজনীবিশিষ্ট আয়নিক যৌগ গঠন করা প্রায় অসম্ভব। কেননা, চারটি ইলেকট্রন গ্রহণের মাধ্যমে $M^{4-}$ আয়ন গঠনে ইলেকট্রন আসক্তি বা চারটি ইলেকট্রন বর্জনের মাধ্যমে $M^{4+}$ আয়ন গঠনে আয়নীকরণ শক্তির পরিমাণের দিক থেকে খুবই কঠিন। ফলে এ সব যৌগ সাধারণত চার যোজনীবিশিষ্ট সমযোজী যৌগ গঠন করে। তাই গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের সাধারণ জারণ সংখ্যা +4। অপরদিকে ভারী তিনটি মৌল (যেমন, Ge, Sn, Pb) শুধুমাত্র p অরবিটাল থেকে দুটি ইলেকট্রন ত্যাগের মাধ্যমে $M^{2+}$ আয়ন গঠন করতে পারে। এক্ষেত্রে তাদের জারণ অবস্থা +2 হয়।

তাদের $np^2$ ইলেকট্রন অপসারণ ঃ $Sn \longrightarrow Sn^{2+} + 2e^-$

$Pb \longrightarrow Pb^{2+} + 2e^-$

তাদের $ns^2np^2$ ইলেকট্রন অপসারণ ঃ $Sn \longrightarrow Sn^{4+} + 4e^-$

তবে কার্বন ও সিলিকনের বেলায় তাদের স্থিতিশীল জারণ সংখ্যা হল + 4। লেডের স্থিতিশীল জারণ অবস্থা হল + 2 অর্থাৎ $Pb^{2+}$ স্থিতিশীল; $Pb^{4+}$ আয়ন অস্থিতিশীল, তাই $Pb^{4+}$ ইলেকট্রন গ্রহণ করে বলে জারক।

**৭। বহুরূপতা ঃ** গ্রুপ-IVA মৌলগুলোর বহুরূপতা ধর্ম আছে। কার্বনের দানাদার রূপভেদ হল গ্রাফাইট ও ডায়মন্ড, অদানাদার রূপভেদ হল কোক কার্বন, চারকোল, কয়লা ও কার্বন ব্ল্যাক্। সিলিকনের দানাদার ও অদানাদার দুটি রূপভেদ আছে। জার্মেনিয়ামের দু'রকম দানাদার রূপভেদ আছে। টিন ধাতুর তিনটি রূপভেদ যেমন ধূসর টিন, সাদা টিন ও রম্বিক টিন আছে।

http://pdfcorner.com

**৮। ক্যাটেনেশন ঃ** কার্বনের ক্যাটেনেশন বা স্বপরমাণু যুক্ত হয়ে চেইন, বলয় গঠনের ক্ষমতা সর্বাধিক। সিলিকনের ক্যাটেনেশন তুলনামূলক কম। অন্যান্য মৌলের ক্যাটেনেশন প্রায় নেই।

## ১৭·১০। গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম
### Chemical Properties of Group-IVA Elements

**(১) হাইড্রাইড গঠন ঃ** গ্রুপ–IVA এর সব মৌলই টেট্রাহাইড্রাইড $MH_4$ যৌগ উৎপন্ন করে। এ সব হাইড্রাইডের সুস্থিতি এ সব মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে দ্রুত হ্রাস পায়। যেমন,

| $CH_4$ | $H_3C—CH_3$ | $H_3C—CH_2—CH_3$ | $SiH_4$ | $H_3Si—SiH_3$ |
|---|---|---|---|---|
| মিথেন | ইথেন | প্রোপেন | সিলেন | ডাই সিলেন |

| $H_3Si—SiH_2—SiH_3$ | $GeH_4$ | $SnH_4$ | $PbH_4$ |
|---|---|---|---|
| ট্রাই সিলেন | জারমেন | স্টেনেন | প্লাম্বেন |

Si ও Pb বিভিন্ন টেট্রাঅ্যালকাইল যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন **টেট্রামিথাইল সিলেন** $SiMe_4$ যা নিউক্লীয় চৌম্বকীয় অনুরণন বর্ণালীতে মানদ্রব্য হিসেবে ব্যবহৃত হয় এবং **টেট্রাইথাইল লেড** $Pb(C_2H_5)_4$ যা পেট্রোলের মান বা অক্টেন নাম্বার উন্নয়নে ব্যবহৃত হয়।

**(২) অক্সাইড গঠন ঃ** গ্রুপ–IVA এর সব মৌল অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে ডাইঅক্সাইড $MO_2$ যৌগ গঠন করে যা অম্লধর্মী। ফলে এ অক্সাইডসমূহ ক্ষারকে দ্রবীভূত হয় ঃ

$$M(s) + O_2(g) \longrightarrow MO_2(s) \quad [M = C, Si, Ge, Sn, Pb]$$
$$2NaOH(aq) + MO_2(s) \longrightarrow Na_2MO_3(aq) + H_2O(l)$$
$$2NaOH(aq) + CO_2(g) \longrightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(l)$$

$SnO_2$ ও PbO ক্ষার দ্রবণের মধ্যে অম্লধর্মী অক্সাইডরূপে ক্রিয়া করে দ্রবণীয় লবণ তৈরি করে। আবার এসিডে ক্ষাররূপে ক্রিয়া করে দ্রবণীয় লবণ তৈরি করে; অর্থাৎ এ দুটি অক্সাইড উভধর্মী অক্সাইড। যেমন $SnO_2$ ক্ষারক রূপে HCl এর সাথে এবং অম্লরূপে NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

ক্ষাররূপে ঃ $SnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow SnCl_4(aq) + 2H_2O(l)$

অম্লরূপে ঃ $SnO_2(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SnO_3(aq) + H_2O(l)$

সোডিয়াম স্ট্যানেট

**(৩) ক্লোরাইড গঠন ঃ** গ্রুপ–IVA এর মৌলগুলো সমযোজী টেট্রাক্লোরাইড। যেমন, $CCl_4$, $SiCl_4$, $GeCl_4$, $SnCl_4$, $PbCl_4$ উৎপন্ন করে। সমযোজী বন্ধনযুক্ত হওয়ায় এরা উদ্বায়ী এবং কম গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট। অবশ্য টিন ও লেড দ্বিযোজী ক্লোরাইড $SnCl_2$, $PbCl_2$ ধরনের যৌগ গঠন করে। এগুলো মোটামুটি আয়নিক যৌগ হিসেবে বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে।

কার্বন, সিলিকন ও জার্মেনিয়াম $MHCl_3$ সংকেতবিশিষ্ট যৌগ যেমন $CHCl_3$, $SiHCl_3$, $GeHCl_3$ গঠন করে। অবশ্য টিন ও লেড তা' করে না।

**(৪) পানির সাথে বিক্রিয়া ঃ** কক্ষতাপমাত্রায় লেড ধাতু মৃদু পানির সাথে খুব ধীরে বিক্রিয়া করে লেড হাইড্রক্সাইড ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন লেড হাইড্রক্সাইড পানিতে খুব সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়ে ঐ পানিকে দূষিত করে।

$$Pb + H_2O(l) \longrightarrow Pb(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

এ দূষিত পানি পান করলে শরীরে বিষক্রিয়া ঘটে; তখন দাঁতের মাড়ি নীলাভ হয়। একে **'লেডের বিষক্রিয়া'** বলে। মিউনিসিপ্যাল এলাকায় লেড পাইপের মাধ্যমে সরবরাহকৃত পানি খর পানি হওয়ায় এ ভয় থাকে না। খর পানিতে দ্রবীভূত $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$ ও সালফেট লবণ $Pb(OH)_2$ এর সাথে বিক্রিয়া করে অদ্রবণীয় লেড কার্বনেট ও সালফেট গঠন করে যা লেড পাইপের ভেতরের দেওয়ালে আস্তরণ সৃষ্টি করে। ফলে লেড ধাতু ও পানি সরাসরি সংস্পর্শে আসতে পারে না বলে লেডের বিষক্রিয়া ঘটে না।

$$Pb(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow PbCO_3(s) + Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O$$
$$Pb(OH)_2 + CaSO_4 \longrightarrow PbSO_4(s) + Ca(OH)_2$$

অপরদিকে লোহিত তপ্ত অবস্থায় স্টিমের সাথে গ্রুপ IV–এর মৌলসমূহ বিক্রিয়া করে তাদের অক্সাইড গঠন করে থাকে।

$$C \text{ (লোহিত তপ্ত)} + H_2O \text{ (স্টিম)} \longrightarrow (CO + H_2) \text{ ওয়াটার গ্যাস}$$
$$Si \text{ (লোহিত তপ্ত)} + 2H_2O \text{ (স্টিম)} \longrightarrow SiO_2 + 2H_2$$

**(৫) ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া ঃ** কার্বন ব্যতীত গ্রুপ–IVA এর সব মৌল ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যেমন,

http://pdfcorner.com

$$Si + 2NaOH(aq) + H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{সিলিকেট}}{Na_2SiO_3} + 2H_2(g)$$

$$Pb + 2NaOH(aq) + H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{প্লাম্বেট}}{Na_2PbO_3} + 2H_2(g)$$

$$Ge + 2NaOH(aq) + H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{জার্মেনেট}}{Na_2GeO_3} + 2H_2(g)$$

$$Sn + 2NaOH(aq) + H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{স্ট্যানেট}}{Na_2SnO_3} + 2H_2(g)$$

## ১৭·১১। কার্বন ও সিলিকনের তুলনা
### Comparison between Carbon and Silicon

গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের মধ্যে অন্যান্য মৌল অপেক্ষা কার্বন ও সিলিকন কিছুটা ভিন্নধর্মী। নিম্নে এ দুটি মৌলের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য আলোচনা করা হল।

**সাদৃশ্য ধর্ম ঃ**

**(১) অধাতু ও রূপভেদ ঃ** কার্বন ও সিলিকন উভয়েই অধাতু। উভয় মৌলের বহুরূপতা আছে। সিলিকনের দানাদার ও অদানাদার দুটি রূপভেদ আছে। কার্বনের অনেক রূপভেদের মধ্যে হীরক, গ্রাফাইট প্রধান রূপভেদ।

**(২) এসিডের সাথে ক্রিয়া ঃ** লঘু এসিডে উভয় মৌল অদ্রবণীয় অর্থাৎ লঘু এসিডসহ তারা ক্রিয়া করে না।

**(৩) বন্ধন প্রকৃতি ঃ** উভয়ের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস $s^2p^2$ হওয়ায় তাদের রাসায়নিক ধর্মে যথেষ্ট মিল আছে। যেমন তাদের যোজনী চার এবং সাধারণত সমযোজী যৌগ গঠন করে। ফলে তাদের হ্যালাইড, হাইড্রাইড প্রভৃতি যৌগ অনুরূপধর্মী হয়। যেমন, $CH_4$, $SiH_4$, $CCl_4$, $SiCl_4$.

**(৪) প্রকৃতিতে অবস্থান ঃ** প্রকৃতিতে কার্বন ও সিলিকন উভয়েই প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান। বিভিন্ন ধাতুর খনিজ কার্বনেটরূপে এবং প্রাণী ও উদ্ভিদজগৎ কার্বনের বিভিন্ন যৌগ দ্বারা গঠিত। অপরদিকে বিভিন্ন ধাতুর সিলিকেট খনিজ হিসেবে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে সিলিকন বিদ্যমান।

**(৫) সক্রিয়তা ঃ** কার্বন ও সিলিকন উভয় মৌলই সাধারণ তাপমাত্রায় সক্রিয় নয়।

**(৬) অক্সাইডের প্রকৃতি ঃ** উভয় মৌলই উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সাইড উৎপন্ন করে। তাদের স্বাভাবিক অক্সাইড হচ্ছে যথাক্রমে $CO_2$ ও $SiO_2$। উভয়েই অম্লধর্মী এবং তারা ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে ঃ

$$CO_2(g) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(\ell)$$

$$SiO_2(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SiO_3(aq) + H_2O(\ell)$$

**বৈসাদৃশ্য ধর্ম ঃ**

**(১) ক্ষার সহ ক্রিয়া ঃ কার্বন ক্ষারের সাথে কোন বিক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত গলিত NaOH এর সাথে সিলিকনের বিক্রিয়ায়** সোডিয়াম সিলিকেট ও $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Si + 2NaOH(aq) + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3(aq) + 2H_2(g)$$

কার্বনের সাথে ক্ষারের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

**(২) ক্যাটেনেশন ঃ** কার্বন–কার্বন বন্ধনের মাধ্যমে অসংখ্য কার্বন পরমাণু যুক্ত হয়ে দীর্ঘ শিকল যৌগ বা বৃহৎ অণু গঠন করার প্রবণতা কার্বনের খুব বেশি। অসংখ্য স্বপরমাণু যুক্ত হওয়ার এ ধর্মকে **কার্বনের ক্যাটেনেশন** (Catenation) বলা হয়। কিন্তু সিলিকনের এরূপ ক্যাটেনেশন ক্ষমতা খুবই সীমাবদ্ধ।

যেমন, মিথেন $CH_4$, ইথেন $CH_3–CH_3$, প্রোপেন $CH_3–CH_2–CH_3$, বিউটেন $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ প্রভৃতি অসংখ্য হাইড্রোকার্বন বিদ্যমান। সিলিকনের এ ধরনের যৌগের সংখ্যা খুবই সীমিত। যেমন সিলেন $SiH_4$।

**(৩) সমাণুতা ঃ** সমাণুতা কার্বন যৌগের একটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য ; কিন্তু সিলিকন যৌগে এটি বিরল ঘটনা।

**(৪) যৌগের স্থিতিশীলতা ঃ** সাধারণত কার্বন যৌগসমূহ বেশ স্থিতিশীল অপরদিকে একমাত্র সিলিকেটসমূহ ছাড়া সিলিকনের প্রায় সব যৌগ ততটা স্থিতিশীল নয়। সিলিকেটসমূহ উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট **পলিমার**। পলিস্যাকারাইড নামে কার্বনের অসংখ্য পলিমার আছে।

**(৫) অক্সাইডের গঠন ঃ** কার্বন ডাইঅক্সাইড ও সিলিকন ডাইঅক্সাইড উভয়েই অক্সাইড হলেও, তাদের মধ্যে একটি বড় ধরনের পার্থক্য আছে। **কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) একটি একক অণু** ; ফলে এটি সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয়। **অপরদিকে $SiO_2$ একটি বিরাট পলিমার** ; যার ফলে এটি একটি উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন যৌগ। [অধ্যায় ৬, রাসায়নিক বন্ধন এর ৬.১১.১ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]



http://pdfcorner.com

**(৬) ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** কার্বন ও সিলিকনের হ্যালাইড (যেমন $CCl_4$, $SiCl_4$) সমযোজী যৌগ। **কার্বনের হ্যালাইড (যেমন $CCl_4$) খুব স্থিতিশীল** এবং মোটেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। কারণ, কার্বন পরমাণুর বহিঃস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল না থাকায় পানির অণুর সাথে কার্বনের কোন সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করা সম্ভব হয় না। অপরদিকে সিলিকনের হ্যালাইড যেমন $SiCl_4$ সহজে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। সিলিকনের হ্যালাইডের ক্ষেত্রে Si পরমাণু এর খালি 3d অরবিটাল ব্যবহার করে সমযোজ্যতা ছয় পর্যন্ত সম্প্রসারিত হতে পারে এবং সিলিকন হ্যালাইড পানি দ্বারা বিশ্লেষিত হয়। $SiCl_4 + 4H\text{–}OH \longrightarrow Si(OH)_4 + 4HCl$

**(৭) গলনাঙ্ক ঃ** সিলিকনের (গলনাঙ্ক 1414°C) তুলনায় কার্বনের গলনাঙ্ক (3570°C ডায়মন্ড) অস্বাভাবিকভাবে বেশি।

**(৮) বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ঃ** কার্বনের একটি বহুরূপ–গ্রাফাইট বিদ্যুৎ সুপরিবাহী। অপর বহুরূপ–হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী। সিলিকন বিদ্যুৎ অর্ধ–পরিবাহী।

## ১৭·১২। গ্রুপ IIIA মৌল ও গ্রুপ-IVA মৌল-এর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড-এর অম্ল–ক্ষারক ধর্ম

**Acid -Base Properties of Oxides, Hydroxides of Group IIIA, IVA Elements**

**(ক) গ্রুপ-IIIA–এর B, Al এর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের প্রকৃতি ঃ** অধাতুর অক্সাইড অম্লধর্মী বা নিরপেক্ষ হয়। গ্রুপ–IIIA এর বোরন মৌলটি নিশ্চিতভাবে অধাতু। অতএব বোরনের অক্সাইড $B_2O_3$ অম্লধর্মী। ক্ষারকের সাথে এর বিক্রিয়ায় মেটা বোরেট লবণ গঠন এবং অম্লের সাথে এর কোন বিক্রিয়া সংঘটিত না হওয়াতেই তা প্রমাণিত হয়।

$B_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম মেটাবোরেট}}{2NaBO_2} + H_2O$ [ $B_2O_3$ এর অম্লধর্মের প্রমাণ ]

$B_2O_3 + H_2SO_4 \longrightarrow$ কোন বিক্রিয়া ঘটে না; [ $B_2O_3$ ক্ষারধর্মী নয় তার প্রমাণ।]

বোরন অক্সাইডের মত বোরন হাইড্রক্সাইড $B(OH)_3$ অম্লধর্মী এবং $B(OH)_3$ বা, $H_3BO_3$ হল বোরিক এসিড। $B_2O_3$ হল বোরিক এসিডের অ্যানহাইড্রাইড।

$$\underset{\text{বোরিক এসিড}}{2B(OH)_3 \text{ বা, } H_3BO_3} \xrightarrow{\text{নিরুদক}} \underset{\text{বোরিক অ্যান্‌হাইড্রাইড}}{B_2O_3} + 3H_2O$$

গ্রুপ–IIIA এর দ্বিতীয় মৌল অ্যালুমিনিয়াম এর স্বাভাবিক অক্সাইড $Al_2O_3$। **অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উভধর্মী** প্রমাণিত হয়। কারণ $Al_2O_3$ একদিকে অম্লের সাথে **ক্ষারকরূপে** বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। যেমন,

$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$ [ $Al_2O_3$ এর ক্ষারধর্মের প্রমাণ ]

অপরদিকে $Al_2O_3$ ক্ষারকের সাথে **অম্লরূপে** বিক্রিয়া করে অ্যালুমিনেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \longrightarrow [2NaAlO_2 + 4H_2O] \rightleftharpoons \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAl(OH)_4}$ [ $Al_2O_3$ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ ]

একইভাবে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উভধর্মী। ক্ষারকরূপে $Al(OH)_3$ অম্ল যেমন HCl এসিডের সাথে এবং অম্লরূপে $Al(OH)_3$ ক্ষার যেমন NaOH দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$Al(OH)_3 + 3HCl \longrightarrow AlCl_3 + 3H_2O$ [ ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ ]

$Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট (হাইড্রেট)}}{NaAl(OH)_4}$ [ অম্ল ধর্মের প্রমাণ ]

**(খ) গ্রুপ-IVA-এর C, Si, Pb-এর অক্সাইডের প্রকৃতি ঃ** গ্রুপ–IVA এর ১ম মৌল কার্বন নিশ্চিতভাবে একটি অধাতু। তাই কার্বনের অক্সাইড অম্লধর্মী বা নিরপেক্ষ হবে। কার্বন মনোক্সাইড CO নিরপেক্ষ। অপরদিকে কার্বনের

http://pdfcorner.com

স্বাভাবিক অক্সাইড $CO_2$ অম্লধর্মী। প্রমাণস্বরূপ বলা যায়, তা ক্ষারকের সাথে যেমন NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে কার্বনেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O \qquad [CO_2 \text{ এর অম্লধর্মের প্রমাণ}]$$

গ্রুপ-IVA এর ২য় মৌল সিলিকন একটি অধাতু। সুতরাং সিলিকনের অক্সাইড অম্লধর্মী। তাই $SiO_2$ ক্ষারকের সাথে যেমন NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট ও পানি উৎপন্ন করে। $SiO_2$ এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে না।

$$SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SiO_3 + H_2O \qquad [SiO_2 \text{ এর অম্লধর্মের প্রমাণ}]$$

গ্রুপ-IV এর ৩য় মৌল জার্মেনিয়াম একটি অর্ধধাতু। এতে ধাতু ও অধাতুর কিছু বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান। এর স্বাভাবিক অক্সাইড $GeO_2$ অম্ল ও ক্ষারক উভয় ধর্ম দেখায়। যেমন এটি গাঢ় $H_2SO_4$ এসিড বা HCl এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে জার্মেনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। আবার ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে জার্মেনেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$GeO_2 + 4HCl \longrightarrow GeCl_4 + 2H_2O$$

$$GeO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow Ge(SO_4)_2 + 2H_2O \quad [GeO_2 \text{ এর ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$GeO_2 + 4NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম জার্মেনেট}}{Na_4GeO_4} + H_2O \quad [GeO_2 \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

তবে জার্মেনিয়াম লবণসমূহ অস্থিতিশীল এবং সহজেই পানি দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। এক্ষেত্রে বোঝা যায় যে, $GeO_2$ এর ক্ষারকধর্ম খুব দুর্বল।

গ্রুপ-IVA এর ৪র্থ মৌল টিনের দুটি বৈশিষ্ট্যমূলক অক্সাইড SnO ও $SnO_2$ আছে। তাদের মধ্যে টিনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে + 2 ও + 4। উভয় অক্সাইড উভধর্মী। তবে SnOতে Sn-এর জারণ সংখ্যা কম হওয়ায় তা অধিকতর ক্ষারকধর্মী এবং $SnO_2$ তে Sn এর জারণ সংখ্যা +4 হওয়ায় তা অধিকতর অম্লধর্মী। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহ থেকে তাদের উভধর্মিতার প্রমাণ মেলে। স্ট্যানাস অক্সাইড (SnO) এসিডের সাথে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) ও ক্ষারকের সাথে স্ট্যানাইট লবণ [$NaSn(OH)_3$] উৎপন্ন করে। অপরদিকে স্ট্যানিক অক্সাইড ($SnO_2$) এসিডের সাথে যেমন HCl এর সাথে স্ট্যানিক লবণ ও ক্ষারকের সাথে যেমন NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম স্ট্যানেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$SnO + 2HCl \longrightarrow SnCl_2 + H_2O \qquad [SnO \text{ এর ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$SnO + NaOH + H_2O \longrightarrow NaSn(OH)_3 \qquad [SnO \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$SnO_2 + 4HCl \longrightarrow SnCl_4 + 2H_2O \qquad [SnO_2 \text{ এর ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$SnO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SnO_3 + H_2O \qquad [SnO_2 \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

গ্রুপ-IVA এর ৫ম মৌল লেড এর দুটি বৈশিষ্ট্যমূলক অক্সাইড PbO ও $PbO_2$ আছে। তাদের মধ্যে লেড-এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে + 2 ও + 4। উভয় অক্সাইড উভধর্মী। যেমন তারা উভয়েই ক্ষার ও অম্লের সাথে পৃথকভাবে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

$$PbO + 2HNO_3 \longrightarrow Pb(NO_3)_2 + H_2O \qquad [PbO \text{ এর ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$PbO + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম প্লাম্বাইট}}{Na_2PbO_2} + H_2O \qquad [PbO \text{ এর অম্ল ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$PbO_2 + 4HCl \longrightarrow PbCl_4 + 2H_2O \qquad [PbO_2 \text{ এর ক্ষারক ধর্মের প্রমাণ}]$$

$$PbO_2 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম প্লাম্বেট}}{Na_2PbO_3} + H_2O \qquad [PbO_2 \text{ এর অম্লধর্মের প্রমাণ}]$$

লেডের প্রধান আকরিক গ্যালেনা (PbS) ও সেরুসাইট ($PbCO_3$) কে যথাক্রমে তাপজারিত ও ভস্মীভূত করলে লেড অক্সাইড (PbO) উৎপন্ন হয়।

$$2PbS + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2PbO + 2SO_2; \qquad PbCO_3 \xrightarrow{\Delta} PbO + CO_2$$

লেডের একটি মিশ্র অক্সাইড $Pb_3O_4$ ($2PbO + PbO_2$) আছে। এর নাম রেড লেড বা মিনিয়াম বা সীসা সিন্দুর।

http://pdfcorner.com

## ১৭·১৩। গ্রুপ-IIIA ও গ্রুপ-IVA মৌলের ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ প্রবণতা
**Tendency of Hydrolysis of Chlorides of Group-IIIA & Group-IVA Elements**

বিশুদ্ধ আয়নিক ক্লোরাইড যেমন, NaCl পানিতে দ্রবীভূত হয়, আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক যেমন ক্ষার ধাতুসমূহের ক্লোরাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। অপরদিকে পোলার সমযোজী ক্লোরাইড যেমন $BCl_3$, $PCl_3$, $PCl_5$ পানি দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। অর্থাৎ অধাতুর ক্লোরাইডসমূহ সাধারণত আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

যে সব ধাতু তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক নয়, তাদের ক্লোরাইড পানি দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়, তবে তা সাধারণত উভমুখী। যেমন, গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রবণতা দেখা যায়।

**(ক) গ্রুপ-IIIA মৌলের ক্লোরাইডের আর্দ্র–বিশ্লেষণ ঃ**

**(১) $BCl_3$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** গ্রুপ IIIA এর ১ম মৌল বোরন একটি অধাতু। সুতরাং $BCl_3$ পানি দ্বারা দ্রুত আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে বোরিক এসিড ($H_3BO_3$) ও HCl উৎপন্ন করে।

$$BCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3BO_3 + 3HCl$$

**(২) $AlCl_3$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** গ্রুপ-IIIA এর ২য় মৌল অ্যালুমিনিয়াম একটি ধাতু হওয়ায় তার ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণের প্রবণতা অনেক কম। জলীয় দ্রবণে $AlCl_3$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Al(OH)_3$ ও HCl এসিড উৎপন্ন করে। ফলে $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয় হয়। তবে এ বিক্রিয়া উভমুখী।

$$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$$

$AlCl_3$ এর দ্রবণে কিছু এসিড যোগ করা হলে বিক্রিয়াটি বাম দিকে সরে থাকে অর্থাৎ আর্দ্র বিশ্লেষণ বন্ধ থাকে। এ কারণে $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ তৈরির সময় তাতে কিছু HCl এসিড যোগ করতে হয়।

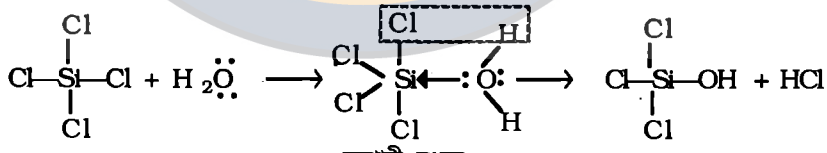
গ্রুপ–IIIA এর অন্যান্য মৌল অধিকতর ধাতব হওয়ায় তাদের ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রবণতা আরো কম।

**(খ) গ্রুপ-IVA মৌলের ক্লোরাইডের আর্দ্র–বিশ্লেষণ ঃ**

(১) গ্রুপ–IVA তে কার্বন একটি অধাতু। সুতরাং এটি প্রত্যাশিত যে এর ক্লোরাইডসমূহ যেমন $CCl_4$, $C_2Cl_6$ প্রভৃতি আর্দ্র বিশ্লেষিত হবে। কিন্তু বাস্তবে তা ঘটে না। যেমন,

**$SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়; কিন্তু $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না।** এর কারণ আর্দ্র বিশ্লেষণের বিক্রিয়া কৌশলে নিহিত। কোন যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটার সময় প্রথম পদক্ষেপ হচ্ছে–পানির অণু তার অক্সিজেন পরমাণুর **নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের মাধ্যমে ঐ যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে একটি সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে অন্তর্বর্তী যৌগ বা অস্থায়ী মধ্যক গঠন করে।**

$SiCl_4$ এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ নিম্ন মতে পানির অক্সিজেন পরমাণুর সাথে সিলিকন পরমাণুর সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা অন্তর্বর্তী যৌগ গঠনের মাধ্যমে সংঘটিত হয়। এভাবে সৃষ্ট বিক্রিয়া-মধ্যক বা অন্তর্বর্তী যৌগ থেকে পরবর্তীতে HCl অণু অপসারিত হয়।



অস্থায়ী মধ্যক

এরূপে চার ধাপে পানির সাথে বিক্রিয়ায় $SiCl_4$ এর চারটি Cl পরমাণু চারটি –OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে। যেমন, $SiCl_4 + 4H–OH \rightarrow Si(OH)_4 + 4HCl$

এ বিক্রিয়ায় 'বিক্রিয়া–মধ্যকে' Si পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে ১০টি ইলেকট্রন বিদ্যমান। তন্মধ্যে চারটি Si-Cl বন্ধন থেকে চার জোড়া এবং $Si \leftarrow OH_2$ সন্নিবেশ বন্ধন থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন রয়েছে। যেহেতু সিলিকন তৃতীয় পর্যায়ের মৌল সেহেতু তার শূন্য 3d অরবিটাল আছে, যেখানে $H_2O$ কর্তৃক যোগান ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল স্থান দেওয়া সম্ভব; অন্য কথায় **Si এর পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব হয়েছে।**

কিন্তু কার্বন দ্বিতীয় পর্যায়ের একটি মৌল। পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরে 2d বলে কোন অরবিটাল নেই। সুতরাং কার্বনের পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব নয়। সুতরাং পানির অণু $CCl_4$ এর C পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে 'বিক্রিয়া–মধ্যক' বা অন্তর্বর্তী যৌগ তৈরি করতে পারে না। এর ফলে $CCl_4$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণ হয় না।

http://pdfcorner.com

(২) অপরদিকে উপরের বিক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে স্ট্যানিক ক্লোরাইড $SnCl_4$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়ে থাকে।

$$SnCl_4 + H_2O \longrightarrow Sn(OH)_4 + 4HCl$$

## ১৭·১৪। টিন (II) এবং টিন (IV)-এর জারক-বিজারক ধর্ম
**Redox properties of Sn (II) and Sn (IV)**

টিন ধাতুর দুটি স্থিতিশীল জারণ সংখ্যা হল +2 ও +4। উভয় অবস্থা মোটামুটি স্থিতিশীল হওয়ায় তারা জারক ও বিজারক হিসেবে কাজ করতে পারে। টিন পরমাণু থেকে দুটি ইলেকট্রন অপসারণের মাধ্যমে $Sn^{2+}$ আয়ন এবং চারটি ইলেকট্রন অপসারণের মাধ্যমে $Sn^{4+}$ আয়ন সৃষ্টি হয়। সুতরাং তাদের মধ্যকার রূপান্তরকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।

$$Sn \longrightarrow Sn^{2+} + 2e^-; \quad Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-; \quad Sn^{4+} + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}$$

অর্থাৎ $Sn^{2+}$ আয়ন থেকে আরো দুটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে $Sn^{4+}$ আয়ন উৎপন্ন হয় ; বিপরীতক্রমে $Sn^{4+}$ আয়নের সাথে দুটি ইলেকট্রন যোগ হলে $Sn^{2+}$ আয়ন উৎপন্ন হয়। আধুনিক সংজ্ঞামতে যে ইলেকট্রন গ্রহণ করে, সে জারক এবং যে দান করে সে বিজারক। সুতরাং $Sn^{2+}$ আয়ন অর্থাৎ Sn(II) **লবণসমূহ বিজারক** এবং $Sn^{4+}$ আয়ন অর্থাৎ Sn(IV) **লবণসমূহ জারক**। বাস্তবেও তাই দেখা যায়। তবে $Sn^{2+}$ আয়ন মোটামুটি শক্তিশালী বিজারক; সুতরাং $Sn^{4+}$ আয়ন দুর্বল জারক। নিম্নের বিক্রিয়াসমূহ থেকে তাদের বিজারক ও জারক ধর্মের প্রমাণ পাওয়া যায়।

**(ক) $Sn^{2+}$ আয়নের বিজারক ধর্মের রাসায়নিক প্রমাণ ঃ** $SnCl_2$ দ্রবণ যোগে Fe(III) লবণ বিজারিত হয়ে Fe (II) লবণ উৎপন্ন করে।

$$SnCl_2(aq) + 2FeCl_3(aq) \longrightarrow SnCl_4(aq) + 2FeCl_2(aq)$$

$SnCl_2$ দ্রবণ Hg(II) লবণকে Hg(I) লবণে বা ধাতু Hg তে বিজারিত করে।

$$2HgCl_2 + SnCl_2 \longrightarrow Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$

$$HgCl_2 + SnCl_2 \text{ (অধিক)} \longrightarrow Hg + SnCl_4$$

**(খ) $Sn^{4+}$ আয়নের জারক ধর্মের প্রমাণ ঃ** শক্তিশালী বিজারককে $Sn^{4+}$ যৌগসমূহ জারিত করে। যেমন, $SnCl_4$ এর দ্রবণের সাথে ও Zn এর বিক্রিয়ায় Zn ধাতু জারিত হয়ে $ZnCl_2$ এর দ্রবণ এবং $SnCl_4$ বিজারিত হয়ে $SnCl_2$ এর দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$SnCl_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow SnCl_2(aq) + ZnCl_2(aq)$$

## ১৭·১৫। কার্বনের ব্যবহার
**Uses of Carbon**

কার্বনের তিনটি প্রধান রূপভেদের ব্যবহার পৃথকভাবে আলোচনা করা হল।

**(ক) হীরকের ব্যবহার ঃ**

১। উজ্জ্বলতার জন্য হীরক মূল্যবান রত্ন হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বস্তুত এটি সবচেয়ে মূল্যবান রত্ন। এ কারণে বিভিন্ন হীরক খণ্ডের বিশেষ বিশেষ নাম আছে। যেমন কোহিনুর, দি হোবা, কুলিনান প্রভৃতি হীরক খণ্ড পৃথিবী বিখ্যাত।

২। অত্যন্ত কঠিন পদার্থ বলে হীরক কাচ কাটা, পাথর ছিদ্র ও খোদাইয়ের কাজে ও পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়।

৩। অতি সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতি তৈরি করতে হীরক ব্যবহৃত হয়।

**(খ) গ্রাফাইটের ব্যবহার ঃ**

১। কাঠ পেন্সিলের শীষ হিসেবে গ্রাফাইট প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

২। বিদ্যুৎ পরিবাহী বলে গ্রাফাইটের বিভিন্ন ধরনের ব্যবহার বিদ্যমান। তন্মধ্যে শুষ্ক ব্যাটারির পজিটিভ দণ্ড হিসেবে এবং গ্রাফাইটের গুঁড়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সাথে মিশ্রণ হিসেবে ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

http://pdfcorner.com

৩। এ ছাড়া বৈদ্যুতিক চুল্লিতে ইলেকট্রোডরূপে ও ইলেকট্রোটাইপ তৈরিতে গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়।

৪। গলিত ধাতব লবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে গ্রাফাইট অ্যানোড ব্যবহৃত হয়। উদাহরণস্বরূপ NaCl-এর তড়িৎ বিশ্লেষণ থেকে সোডিয়াম নিষ্কাশনে, KCl থেকে K, $MgCl_2$ থেকে Mg, $CaCl_2$ থেকে Ca প্রভৃতি ধাতু আহরণে গ্রাফাইট ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হয়। এ সকল ক্ষেত্রে অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় বলে কোন ধাতু ব্যবহার সম্ভব নয়। এ ছাড়া অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে গ্রাফাইট ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হয়।

৫ উচ্চতাপে তেল বিযোজিত হয় বলে, সেক্ষেত্রে মসৃণকারক হিসেবে গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়।

৬। গ্রাফাইট অতি উচ্চ তাপমাত্রায় জ্বলে ও গলে বলে ধাতু ক্রুসিবল তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৭। পারমাণবিক চুল্লিতে নিউট্রনের গতি হ্রাসের জন্য মন্থরক হিসেবে গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়।

**(গ) অদানাদার কার্বনের ব্যবহার ঃ**

১। **কাঠ কয়লা ঃ** জ্বালানিরূপে, ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক পদার্থরূপে, বারুদের উপাদান হিসেবে, তেলের গন্ধ দূরীকরণে জীবাণুনাশক হিসেবে এটি ব্যবহৃত হয়।

২। **প্রাণিজ কয়লা ঃ** এর অত্যধিক শোষণ ক্ষমতার কারণে এটি চিনি পরিশোধনে ও বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়।

৩। **সক্রিয় চারকোল ঃ** গ্যাস মুখোশে এবং চিনি, তৈল প্রভৃতি বিরঞ্জনে ও পরিশোধনে এটি ব্যবহৃত হয়।

৪। **ভুসা কয়লা ঃ** কালো রং হিসেবে এটি ছাপার কালি, কার্বন পেপার, টাইপরাইটারের রিবন, জুতার কালি প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

## ১৭·১৫.১। শিল্পক্ষেত্রে মূল্যবান বিজারক হিসেবে কার্বনের ব্যবহার

**Uses of Carbon in Industry as Reductant**

(১) অধাতু হলেও কার্বন একটি বিজারক পদার্থ। অক্সিজেনের প্রতি তীব্র আসক্তির কারণেই কার্বনের এ বিজারণ ধর্ম। লোহা, জিংক, লেড প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে বিজারিত করে ধাতু উৎপাদন করা হয়।

$$FeO + C \xrightarrow{\Delta} Fe + CO$$

$$ZnO + C \xrightarrow{\Delta} Zn + CO$$

(২) জলীয় বাষ্প থেকে হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য কোক কার্বন ব্যবহার করা হয় এক্ষেত্রেও কার্বন একটি বিজারক হিসেবে কাজ করে। উত্তপ্ত কোক কার্বনের ভেতরে স্টিম চালনা করলে CO ও $H_2$ গ্যাস মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

$$H_2O + C \rightleftharpoons H_2 + CO$$

এভাবে উৎপাদিত গ্যাস মিশ্রণকে **ওয়াটার গ্যাস** বলা হয়। **ওয়াটার গ্যাস** থেকে কার্বন মনোক্সাইডকে জারিত করে উৎপন্ন $CO_2$ গ্যাসকে তরলীভূত করে পৃথক করা হয়। তখন বিশুদ্ধ $H_2$ গ্যাস পাওয়া যায়। সুতরাং শিল্পক্ষেত্রে কার্বন একটি সহজলভ্য অথচ মূল্যবান বিজারক।

$$2H_2O + C \rightleftharpoons 2H_2 + CO_2$$

(৩) লোহিত তপ্ত কোকের ভেতর বায়ু চালনা করলে **প্রোডিউসার গ্যাস** ($2CO + N_2$) উৎপন্ন হয়।

$$2C + (N_2 + O_2, \text{বায়ু}) \xrightarrow{\Delta} (2CO + N_2)$$

প্রোডিউসার গ্যাস ও ওয়াটার গ্যাসকে স্টিমসহ উত্তপ্ত $Fe_2O_3$ ও $Cr_2O_3$ এর উপর চালনা করলে CO গ্যাস $CO_2$ এ পরিণত হয়। শেষে গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করে অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ফসফেটের দ্রবণে চালনা করলে CO, $CO_2$ মুক্ত হয়ে বিশুদ্ধ $N_2$ ও $H_2$ এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। ঐ মিশ্রণ অ্যামোনিয়া উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

## ১৭·১৬। সিলিকন ও জার্মেনিয়াম

**Silicon and Germanium**

১। **সিলিকনের উৎস ঃ** ভূত্বকে যৌগরূপে যেমন সিলিকা বালি ও কোয়ার্টজ সিলিকা ($SiO_2$) রূপে সিলিকন বিদ্যমান। এছাড়া বিভিন্ন সিলিকেট ইত্যাদি সিলিকনের অন্যতম উৎস।

**সিলিকেটসমূহ ঃ** ১। চিনামাটি বা কেওলিন $Al_2O_3 . 2 SiO_2 . 2H_2O$; ২। পটাস ফেল্ডস্পার (Feldspar) $K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$ । ৩। পটাস মাইকা (Potash mica) $K_2O . 3Al_2O_3 . 6SiO_2 . 2H_2O$।

http://pdfcorner.com

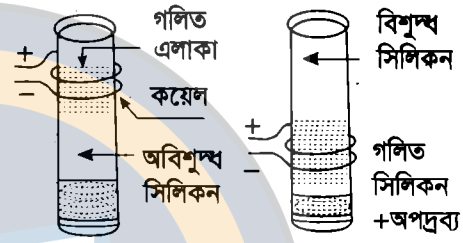
**২। জার্মেনিয়ামের উৎস ঃ** জার্মেনিয়ামের প্রধান আকরিক হল **আর্জাইরোডাইট,** $4Ag_2S.GeS_2$। এতে, 6 –7% জার্মেনিয়াম আছে। এর অপর আকরিক হল **জার্মেনাইট,** এতে 5% Ge আছে। জার্মেনাইটের গঠন জটিল।

**(১) বিশুদ্ধ সিলিকন প্রস্তুতি ঃ** সিলিকা ও কোক কার্বনের উত্তপ্ত মিশ্রণে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড ($SiCl_4$) প্রস্তুত করার পর একে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়। এরপর $SiCl_4$ কে পাতিত করে শেষে $H_2$ গ্যাস বা বিশুদ্ধ Mg ধাতু অথবা Zn ধাতু দ্বারা বিজারিত করে সিলিকন প্রস্তুত করা হয়।

$$SiO_2\ (s) + 2C(s) + 2Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} SiCl_4(l) + 2CO(g)$$

$$SiCl_4(l) + 2H_2(g) \xrightarrow{\Delta} Si(l) + 4HCl(g)$$

**জোন বিশুদ্ধিকরণ ঃ** এ পদ্ধতিতে একটি খাড়া সিলিকন রডের উপর থেকে নিচের দিকে বৈদ্যুতিক চুল্লির উত্তপ্ত বৃত্তাকার কয়েল ধীরগতিতে নামতে থাকে। তখন উত্তপ্ত কয়েলের এলাকায় সিলিকন গলতে থাকে; ফলে এর মধ্যস্থ অপদ্রব্য নিচের দিকে নামতে থাকে। কয়েলটি নিচের দিকে নামতে থাকলে উপরের গলিত সিলিকন কঠিন হতে থাকে। একই নিয়মে বৈদ্যুতিক চুল্লিটিকে কয়েকবার ব্যবহার করে অপদ্রব্য মুক্ত অতি বিশুদ্ধ সিলিকন প্রস্তুত করা যায়।




চিত্র ১৭.২ ঃ জোন বিশুদ্ধিকরণ

**(২) বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম প্রস্তুতি ঃ** জার্মেনিয়ামের আকরিককে তাপজারিত করে জার্মেনিয়াম অক্সাইড ($GeO_2$) এ পরিণত করা হয়। পরে সিলিকন প্রস্তুতির মতে $GeO_2$ থেকে একই নিয়মে জার্মেনিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

**১। সিলিকনের ব্যবহার ঃ** ইতোপূর্বে শুধুমাত্র ফেরোসিলিকন, সিলিকন ব্রোঞ্জ, ম্যাঙ্গানিজ–সিলিকন ব্রোঞ্জ প্রভৃতি **সংকর ধাতু তৈরির জন্য সিলিকন ব্যবহৃত হয়ে আসছে।** এ সব সংকর অত্যন্ত শক্ত ও উচ্চ টেনসাইল শক্তি সম্পন্ন হয়ে থাকে।

(২) তবে আধুনিক কালে ট্রানজিস্টরে সেমিকনডাক্টররূপে ইলেকট্রনিক শিল্পে সিলিকনের ব্যবহার একচেটিয়া। সিলিকন ভ্যালি, সিলিকন সিটিতে সিলিকন থেকে তৈরি হয় **ট্রানজিস্টর ও সিলিকন চিপ, যা কম্পিউটার তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।** জোন রিফাইনিং (Zone-refining) নামক অত্যাধুনিক প্রক্রিয়ায় অতি বিশুদ্ধ সিলিকন তৈরি করে তাতে সুনির্দিষ্ট ও অতি ক্ষুদ্র পরিমাণে অন্য মৌল যোগ করে **ট্রানজিস্টর** (Transistor) তৈরি করা হয়।

(৩) সিলিকনের একক স্ফটিকের সাহায্যে তৈরি হয় **সিলিকন চিপ** (Silicon chip)। ১ বর্গ সেন্টিমিটার ক্ষেত্রফলের **একটি সিলিকন চিপ বহু হাজার ট্রানজিস্টরের বর্তনী সমতুল্য।** বর্তমানে সব ইলেকট্রনিক শিল্প সিলিকন চিপের উপর প্রতিষ্ঠিত।

**২। জার্মেনিয়ামের ব্যবহার ঃ** (১) সিলিকনের মত জার্মেনিয়ামও সেমিকনডাক্টর। জার্মেনিয়াম দিয়েও এ ধরনের চিপ তৈরি করা হয়। (২) জার্মেনিয়ামের সংকর ধাতু শুধু একদিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করতে সক্ষম বলে এটি রাডারে ও ট্রানজিস্টরে ব্যবহৃত হয়। (৩) ফ্লোরেসেন্ট ডিস্চার্জ ল্যাম্পে ম্যাগনেসিয়াম জার্মানেট হিসেবে এটি ব্যবহৃত হয়। (৪) মারকারি ডিসচার্জ ল্যাম্পে লাল বর্ণের আলো সরবরাহ করতে জার্মেনিয়াম ব্যবহৃত হয়।

**২। সিলিকা ($SiO_2$) ঃ** কাচ, সিমেন্ট ও মর্টার উৎপাদনে সিলিকা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। কোয়ার্টজ ঘড়ি তৈরিতে সিলিকা ব্যবহৃত হয়। সিলিকন কার্বাইড (SiC) বা কার্বোর‍্যান্ডাম নামক অতীব শক্ত বস্তু তৈরিতে সিলিকা ব্যবহৃত হয়।

http://pdfcorner.com

৩। **সিলিকোন (Silicones) ঃ** সিলিকন–অক্সিজেন–সিলিকন অর্থাৎ —Si—O—Si— বন্ধন যুক্ত জৈব-সিলিকন পলিমার সিলিকোন পলিমারের একক হল $R_2SiO$ । এ মনোমার ($R_2SiO$) এর স্থূল সংকেত কিটোন ($R_2CO$) এর অনুরূপ হওয়ায় এরূপ নামকরণ হয়েছে। সিলিকোন বর্ণহীন, পানিতে অদ্রবণীয়, গন্ধহীন রাবার সদৃশ কঠিন পদার্থ। সিলিকোন বিদ্যুৎ অপরিবাহী, ক্ষয়রোধী।

**সিলিকোনের ব্যবহার ঃ** সিলিকোন পেইন্ট, ভার্নিশ, লুব্রিকেন্ট ও ওয়াটার প্রুফ পরিচ্ছদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

**সিলিকোন প্রস্তুতি ঃ** সিলিকোন পলিমার সাধারণত মিথাইল অথবা ফিনাইল জাতক হয়ে থাকে। মিথাইল অথবা ফিনাইল ক্লোরো সিলেন (Silane) $R_2SiCl_2$ কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে সিলিকোন প্রস্তুত করা হয়। বাণিজ্যিকভাবে 297°C বা, 570 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার প্রভাবকের উপস্থিতিতে মিথাইল বা ফিনাইল ক্লোরাইডের সাথে সিলিকনের বিক্রিয়ায় সিলেন প্রস্তুত করা হয়।

$$2RCl + Si \xrightarrow[570\ K]{Cu\ গুঁড়া} R_2SiCl_2;\ (R = Me, Ph)$$

$$R_2SiCl_2 \xrightarrow[-2HCl]{H_2O} -O-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-O-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-O-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-O-$$

## ১৭·১৭। কাচ ও সিরামিক শিল্পে সিলিকেটের গুরুত্ব ও ব্যবহার

### Importance and Uses of Silicates in Glass and Ceramic Industry

**(ক) কাচের সংযুক্তি ঃ** কাচ হচ্ছে বিভিন্ন সিলিকেটের মিশ্রণ। সাধারণ কাচ হচ্ছে সিলিকা, সোডিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ। এর মোটামুটি সংযুক্তি হচ্ছে $Na_2O$, $CaO$, $5SiO_2$। অন্যান্য কাচে $Na_2O$ ও $CaO$ এর স্থলে অথবা তার সাথে $K_2O$, $B_2O_3$, $MgO$, $PbO$ প্রভৃতি এ সব ধাতুর সিলিকেট হিসেবে থাকে। এছাড়া কোন কোন বিশেষ কাচে বোরেট ও ফসফেট থাকে।

**(খ) কাচের শিল্প উৎপাদন ঃ** সাধারণ কাচ তৈরির কাঁচামাল হচ্ছে সিলিকা, সোডা অ্যাশ ও চুনাপাথর, সাধারণত ১০০ ভাগ সিলিকা বালু এর সাথে ৩০—৪০ ভাগ সোডা অ্যাস্ বা সোডিয়াম কার্বনেট এবং ১৫ ভাগ চুনাপাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং সে সাথে মিশ্রণটি তাড়াতাড়ি গলার জন্য বিভিন্ন পরিমাণে কাচের চূর্ণ মিশিয়ে এ মিশ্রণকে বিশেষ চুল্লিতে প্রায় 1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, তখন নিম্নোক্ত বিক্রিয়াসমূহের মাধ্যমে সোডিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + CaCO_3 + 2SiO_2 \xrightarrow{\Delta} (Na_2SiO_3 + CaSiO_3) + 2CO_2\ (g)$$

$$Na_2CO_3 + CaCO_3 + 2SiO_2 \xrightarrow{\Delta} Na_2SiO_3 + CaSiO_3 + 2CO_2$$

এ সময় সমস্ত মিশ্রণটি গলিত অবস্থায় থাকে, তার মধ্য দিয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস বের হয়। উৎপাদিত তরল কাচকে বিভিন্ন আকৃতি দিয়ে ঠান্ডা করা হয়। এভাবেই কাচের বস্তুসমূহ তৈরি হয়।

এভাবে প্রস্তুত গ্লাস সীট কাচের বস্তু সবুজাভ বর্ণের হয়। এর কারণ হচ্ছে সিলিকার মধ্যে অল্প পরিমাণ আয়রন বিদ্যমান, তা ফেরাস সিলিকেট হিসেবে কাচে থাকে।

**(গ) রঙিন কাচ ঃ** বর্ণালীর রঙের ক্রম VIBGYOR। গলিত কাচে অবস্থান্তর ধাতুর যৌগ মিশিয়ে বিভিন্ন বর্ণযুক্ত কাচ তৈরি করা হয়। যেমন : বেগুনি কাচে $MnO_2$, নীল কাচে $CoO$ বা $Cr_2O_3$, সবুজ কাচে $FeO$, হলুদ কাচে $CdS$ বা $Fe_2O_3$, কমলা কাচে Ce ধাতুর গুড়া, লাল কাচে $Cu_2O$ মিশ্রিত থাকে।

**(ঘ) কাচের প্রকারভেদ ঃ** নরম বা সোডা কাচ, দৃঢ় বা পটাশ কাচ, ফ্লিন্ট কাচ, চশমার কাচ ও পাইরেক্স কাচ প্রভৃতি বিভিন্ন ধরনের কাচ আছে। অন্যান্য কাচও একই প্রক্রিয়ায় তৈরি করা হয়। শুধু আকাঙ্ক্ষিত কাচের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে অন্যান্য ধাতুর অক্সাইড ও কার্বনেট বিক্রিয়া মিশ্রণে যোগ করা হয়।

http://pdfcorner.com

**সারণি ১৭.৩ ঃ বিভিন্ন প্রকার কাচ ও তাদের সংযুক্তি।**

| কাচের প্রকার | কাচের সংযুক্তি | বিশেষ ধর্ম | ব্যবহার |
|---|---|---|---|
| ১। নরম বা সোডা কাচ | $Na_2CO_3$, $CaCO_3$, $SiO_2$ | উত্তাপে সহজে গলে যায়। | জানালার কাচ, টেস্টটিউব ও বোতল তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। |
| ২। দৃঢ় বা পটাশ কাচ | $K_2CO_3$, $CaCO_3$, $SiO_2$ | উত্তাপে সহজে গলে না। | রাসায়নিক কাচ যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়। |
| ৩। ফ্লিন্ট কাচ | $Na_2CO_3$, $K_2CO_3$, $PbCO_3$, $B_2O_3$, $SiO_2$ | ফ্লিন্ট কাচের উচ্চ প্রতিসরণাঙ্ক আছে। | চমশার লেন্স, প্রিজম তৈরি করা হয়। |
| ৪। পাইরেক্স (বোরো সিলিকেট) | $Na_2CO_3$, $ZnCO_3$, $BaCO_3$, $B_2O_3$, $SiO_2$ | নিম্ন প্রসারণাঙ্ক আছে, উচ্চ তাপ প্রতিরোধক। | উচ্চ মানের কাচ যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়। |
| ৫। ক্রুক্স গ্লাস | $K_2CO_3$, $PbCO_3$, $CeO_2$, $SiO_2$ | ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মি শোষণ করে। | চশমার লেন্স তৈরি করা হয়। |

**(ঙ) সিরামিক ঃ** সিরামিকসমূহ হচ্ছে বিভিন্ন সিলিকেটের মিশ্রণ। এর কাঁচামাল হচ্ছে **চায়না ক্লে** (China clay, $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) সিলিকা ও পটাস ফেল্ডস্পার ($K_2O.Al_2O_3.6S : O_2$) বালি। বিভিন্ন ধরনের সিরামিকের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে, চীনামাটি, পাথরবাটি, মৃৎশিল্প, সাধারণ ইট, সিলিকা ব্রিক, ম্যাগনেসিয়া ব্রিক(বাইট) প্রভৃতি। এ সব বস্তু মূলত একইভাবে তৈরি করা হয়। তবে বিভিন্ন কাঁচামালের শতকরা পরিমাণের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন প্রকৃতির উৎপাদ সৃষ্টি হয়। নিম্নে পোর্সেলিন তৈরির সাধারণ ধাপসমূহ উল্লিখিত হল।

**(চ) পোর্সেলিন উৎপাদন ঃ** প্রথমে কাঁচামালসমূহ যেমন চায়না ক্লে, পটাস ফেলস্পার সিলিকা মিশ্রণকে পানির সাথে ভালভাবে মিশানো হয়। মিশানোর পর বিশেষ যন্ত্রে চাপ দিয়ে অধিকাংশ পানি বের করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত মিশ্রণকে কেক বলা হয়। তা দিয়ে আকাঙ্ক্ষিত আকৃতির বস্তুসমূহ তৈরি করা হয়। এ নরম বস্তুসমূহকে অতঃপর চুল্লিতে রেখে উত্তপ্ত করা হয়। সাধারণত কয়লা দ্বারা এ চুল্লিসমূহ প্রজ্জ্বলিত করা হয় এবং প্রায় তিনদিন এ বস্তুসমূহকে উত্তপ্ত করা হয়। এ সময় তাপমাত্রা প্রায় 1250°C পর্যন্ত উঠে। পোর্সেলিনের জন্য 1400°C পর্যন্ত উঠানো হয়। এ সময় রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। বস্তুসমূহ শক্ত হয়ে যায় এবং আকারে কিছু খাটো হয়।

প্রথমে মুক্ত ও সংযুক্ত পানিসমূহ বাষ্পাকারে বের হয়ে যায়। ক্লে এর মধ্যে মূলত ক্যাওলিনাইট থাকে, 800—1000°C তাপমাত্রায় তা ক্রিস্টোবালাইট নামক সিলিকা ও মিউলাইটে রূপান্তরিত হয়।

$$3(Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O) \longrightarrow \underset{\text{mullite}}{3Al_2O_3.2SiO_2} + \underset{\text{crystobalite}}{4SiO_2} + 6H_2O$$
Kaolinite

এভাবে প্রাপ্ত পোড়ানো বস্তুকে "বিস্কিট" বলা হয়। এতে ছিদ্র বিদ্যমান। সাধারণ মৃৎশিল্প (যেমন মাটির কলস) এভাবেই বিক্রি হয়। তবে অন্যান্য দামি বস্তুকে গ্লেজ দেয়া হয় (glazing)। সহজে গলনযোগ্য কাচ দ্বারা এ বিস্কিটের পৃষ্ঠদেশে প্রলেপ সৃষ্টি করেই গ্লেজ দেয়া হয়।

এ উদ্দেশ্যে বিস্কিট বস্তুকে পানিতে মিশ্রিত ক্রিম ধরনের গ্লেজ পদার্থের লেই-এ ডুবানো হয়, পরে যত্ন করে একটি চুল্লিতে 1400—1500°C তাপমাত্রায় প্রায় ৩০ ঘণ্টা রাখা হয়। এ সময় সহজে গলনযোগ্য কাচ গলে বিস্কিট বস্তুর ছিদ্রসমূহ বন্ধ করে দেয় এবং বস্তুর উপরিভাগে মসৃণ পৃষ্ঠতলের সৃষ্টি করে।

## ১৭·১৮। অ্যালুমিনিয়াম আয়ন ($Al^{3+}$) ও লেড আয়ন ($Pb^{2+}$) শনাক্তকরণ
## Identification of $Al^{3+}$ ion and $Pb^{2+}$ ion

### (১) অ্যালুমিনিয়াম আয়ন ($Al^{3+}$) শনাক্তকরণ

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ কাঠ কয়লা পরীক্ষা ও কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ পরীক্ষা ঃ** প্রদত্ত অ্যালুমিনিয়াম লবণ যেমন $AlCl_3$ এর সাথে দ্বিগুণ পরিমাণ $Na_2CO_3$ মিশিয়ে কাঠ কয়লার গর্তে উত্তপ্ত করলে সাদা অবশেষ ($Al_2O_3$) পাওয়া যায়। ঐ সাদা অবশেষের উপর দুই ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করে জারণ শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। তখন গাঢ় নীল বর্ণের কোবাল্ট অ্যালুমিনেট $Co(AlO_2)_2$ এর পিণ্ড পাওয়া যায়। যেমন,

$$2AlCl_3(s) + 3Na_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2(CO_3)_3(s) + 6NaCl(s)$$

$$Al_2(CO_3)_3(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3(s) + 3CO_2(g)$$
সাদা অবশেষ

$$2Co(NO_3)_2(aq) \xrightarrow{\Delta} 2CoO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

$$CoO(s) + Al_2O_3(s) \xrightarrow{\Delta} Co(AlO_2)_2(s)$$ (কোবাল্ট অ্যালুমিনেট, গাঢ় নীল)



http://pdfcorner.com

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** অ্যালুমিনিয়াম লবণ যেমন $AlCl_3$ এর দ্রবণে $NH_4Cl$ দ্রবণ ও $NH_4OH$ দ্রবণ যোগ করলে $Al(OH)_3$ এর **সাদা চট্‌চটে অধঃক্ষেপ** পড়ে। ঐ অধঃক্ষেপকে NaOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$) রূপে তা দ্রবীভূত হয়। ঐ দ্রবণে $NH_4Cl$ দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত করলে পুনরায় $Al(OH)_3$ এর **সাদা অধঃক্ষেপ** পড়ে। ফলে $Al^{3+}$ এর উপস্থিতি নিশ্চিত হয়।

$$AlCl_3(aq) + 3NH_4OH(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s) + 3NH_4Cl(aq)$$

$$Al(OH)_3(s) + NaOH(aq) \xrightarrow{\Delta} NaAlO_2(aq) + 2H_2O(l)$$

$$NaAlO_2(aq) + H_2O(l) + NH_4Cl(aq) \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{Al(OH)_3(s)} + NaCl(aq) + NH_3(g)$$

**(২) লেড আয়ন ($Pb^{2+}$) শনাক্তকরণ**

**(i) শুষ্ক পরীক্ষা ঃ (ক) কাঠ কয়লা পরীক্ষা ঃ** প্রদত্ত লেড লবণ যেমন $PbCl_2$ এর সাথে দ্বিগুণ পরিমাণ $Na_2CO_3$ মিশিয়ে কাঠ কয়লার গর্তে উত্তপ্ত করলে **হলুদ বর্ণের** (PbO এর) গুঁড়া এবং গর্তে **ধূসর বর্ণের লেড ধাতুর গুটিকা** পাওয়া যায়; যা সাদা কাগজে কালো দাগ কাটে।

$$PbCl_2(s) + Na_2CO_3(s) \xrightarrow{\Delta} PbCO_3(s) + 2NaCl(s)$$

$$PbCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} PbO(s) + CO_2(g)$$

$$PbO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} Pb(s) + CO(g)$$

**(খ) টেস্টটিউব পরীক্ষা ঃ** লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে তা বিযোজিত হয়ে লেড অক্সাইড, বাদামি নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2Pb(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2PbO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

**(ii) সিক্ত পরীক্ষা ঃ** দ্রবণীয় লেড লবণ যেমন $Pb(NO_3)_2$ এর জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ যোগ করলে **হলুদ বর্ণের** লেড আয়োডাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। ঐ অধঃক্ষেপ ফুটন্ত পানিতে দ্রবণীয় এবং ঐ দ্রবণকে শীতল করলে **সোনালী হলুদ বর্ণের চিক্‌চিকে কেলাস** পাওয়া যায়।

$$Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow \underset{\text{হলুদ}}{PbI_2(s)} + 2KNO_3(aq)$$

## এ অধ্যায়ে যা শিখলাম

✪ **গ্রুপ–IIIA মৌলসমূহ ঃ** গ্রুপ–IIIA-এ পাঁচটি মৌল আছে। এরা হচ্ছে বোরন, অ্যালুমিনিয়াম, গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম ও থ্যালিয়াম। এদের যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $ns^2np^1$। এদের যোজনী 3।

✪ **গ্রুপ–IVA মৌলসমূহ ঃ** গ্রুপ–IVA-এ পাঁচটি মৌল আছে। এরা হচ্ছে কার্বন, সিলিকন, জার্মেনিয়াম, টিন ও লেড। এদের যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেক্ট্রন বিন্যাস $ns^2np^2$। এদের সাধারণ যোজনী 4। তবে টিন ও লেড এর 2 যোজনীও বিদ্যমান। এ গ্রুপে ধাতব ধর্মের ক্রমাগত পরিবর্তন বিশেষভাবে লক্ষণীয়। কার্বন ও সিলিকন অধাতু, সিলিকন অধাতু হলেও এর মধ্যে অর্ধধাতুর কিছু ধর্ম বিদ্যমান, জার্মেনিয়াম অর্ধধাতু, টিন ও লেড ধাতু।

✪ **উভয় গ্রুপের মৌলসমূহের অক্সাইডের অম্ল-ক্ষারক ধর্ম ঃ** অধাতুর অক্সাইড অম্লধর্মী বা নিরপেক্ষ, ধাতুর স্বাভাবিক অক্সাইড সাধারণ ক্ষারকীয়। বোরন অধাতু, তাই $B_2O_3$ অম্লধর্মী। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর অক্সাইড $Al_2O_3$ উভধর্মী। কার্বন অধাতু, তাই CO নিরপেক্ষ, $CO_2$ অম্লধর্মী। অধাতু সিলিকনের অক্সাইড $SiO_2$ অম্লধর্মী। জার্মেনিয়াম ধাতুর অক্সাইড $GeO_2$, টিনের অক্সাইড SnO, $SnO_2$ এবং লেড অক্সাইড PbO ও $PbO_2$ উভধর্মী।

✪ **কয়েকটি মৌলের ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রবণতা ঃ** বিশুদ্ধ আয়নিক ক্লোরাইড পানি দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। অধাতুর ক্লোরাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। তীব্র ইলেকট্রোপজিটিভ নয় এ ধরনের ধাতুর ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়, তবে তা উভমুখী। সুতরাং $BCl_3$ ও $SiCl_4$ পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। অন্যান্য ধাতুর ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হওয়ার প্রবণতা কম দেখায়।

✪ **অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন ঃ** প্রকৃতিতে অনেক ধরনের অ্যালুমিনিয়াম যৌগ থাকলেও শুধুমাত্র বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। প্রথমে বক্সাইটকে বিশুদ্ধ করা হয়। অতঃপর ক্রায়োলাইট ও ফ্লোরস্পার এর গলিত মাধ্যমে $Al_2O_3$ কে বিগলিত করে এর তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদিত হয়।

http://pdfcorner.com

# অনুশীলনী–১৭ ঃ প্রশ্ন ব্যাংক

## ক–বিভাগ ঃ রচনামূলক উত্তরের প্রশ্ন বা, জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্ন

১। গ্রুপ–IIIA মৌলসমূহের নাম, প্রতীক ও ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।

২। (ক) বোরন ও সিলিকনের মধ্যে সাদৃশ্যসমূহ (বা ৪টি সাদৃশ্য) উল্লেখ কর। [দি. বো. ২০১০]
(খ) বোরন ও সিলিকনের মধ্যে ৪টি পার্থক্য লেখ। [ ঢা. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০১০]

৩। গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের নাম, প্রতীক ও ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।

৪। কার্বন ও সিলিকনের ধর্মে ৪টি করে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর। [ ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৯, ২০১১ ]

৫। (ক) গ্রুপ–IIIA মৌলসমূহের (অথবা ১টি মৌলের) অক্সাইডের অম্লধর্মিতা ও ক্ষারধর্মিতা ব্যাখ্যা কর। [ রা. বো. ২০০৩]
(খ) গ্রুপ-IVA মৌলসমূহের অক্সাইডের প্রকৃতি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [ রা. বো. ২০০৩ ]

৬। গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA মৌলসমূহের ক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রবণতা আলোচনা কর।

৭। টিন (II) ও টিন (IV) এর জারক ও বিজারক ধর্ম আলোচনা কর।

৮। (ক) অ্যালুমিনিয়ামের তিনটি আকরিকের নাম ও সংকেত লেখ। [ঢা. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০০৪]
(খ) বক্সাইট কী? বক্সাইট বিশোধনের একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। [ঢ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০১০; ব. বো. ২০১০]
(গ) অ্যালুমিনা বা বিশুদ্ধ বক্সাইট থেকে Al ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর। [ঢা. বো. ২০০৮, ২০১০; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; কু. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৮, ২০১০; ব. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০ ]

৯। (ক) "শিল্পক্ষেত্রে কার্বন একটি মূল্যবান বিজারক"—এ বক্তব্যের প্রমাণ দাও।
(খ) অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর ব্যবহার ও এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব উল্লেখ কর। [কু. বো. ২০০২]

১০। (ক) ইলেক্ট্রনিক শিল্পে সিলিকনের অবদান উল্লেখ কর।
(খ) ইলেকট্রনিক শিল্পে জার্মেনিয়ামের ব্যবহার লেখ।

১১। (ক) কাচ ও সিরামিক শিল্পে সিলিকেটের গুরুত্ব ও ব্যবহার লেখ।
(খ) পোর্সেলিন উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

## খ–বিভাগ ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক সংক্ষিপ্ত উত্তরমূলক প্রশ্ন

১। **ব্যাখ্যা কর ঃ**

(ক) Al (13) এর গলনাঙ্ক Na(11) এর গলনাঙ্ক থেকে অনেক বেশি কেন; তা ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৯]

(খ) $Al_2O_3$ একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০১০; য. বো. ২০০৭, ২০০৯; ব. বো. ২০১০]

(গ) নিম্ন তাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ডাইমার ($Al_2Cl_6$) রূপে বিরাজ করে; এর ব্যাখ্যা দাও। [চ. বো. ২০১১; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০১১ রা. বো. ২০০৬; য. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৭, ২০০৯]

(ঘ) নিম্ন তাপমাত্রায় $AlCl_3$ উর্ধপাতিত হয় কেন? [কু. বো. ২০১০]

(ঙ) (i) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী কেন ব্যাখ্যা কর। [ ঢা. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৭, ২০১০ কু. বো. ২০০৮; রা. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১ ]

(ii) $Al_2(SO_4)_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয় বা দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে কম কেন ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯,২০১১; য. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(iii) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে? [ ব. বো. ২০০৫ ]

(চ) $Al_2O_3$ উভধর্মী অক্সাইড হওয়ায় বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ বেয়ার পদ্ধতিতে সম্ভব হয়েছে।—এর ব্যাখ্যা দাও।

(ছ) অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Al ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব নয় কেন? –ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০০৭, ২০১১; রা. বো. ২০১০]

(ছ) বোরন ট্রাইঅক্সাইড ($B_2O_3$) ক্ষারধর্মী নয়; অম্লধর্মী—এর ব্যাখ্যা দাও।

(জ) লেড অক্সাইড (PbO) একটি উভধর্মী অক্সাইড–ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৮]

http://pdfcorner.com

(ঝ) 'লেডের বিবক্রিয়া' বলতে কী বুঝ? [য. বো. ২০০৮; ব. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯; দি. বো. ২০১০]

(ঞ) $PbO_2$ শুধু ক্ষারকের দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না; এসিডের দ্রবণেও দ্রবীভূত হয়। তা ব্যাখ্যা কর।

(ট) সিলিকন ডাইঅক্সাইড ($SiO_2$) অম্লধর্মী; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঠ) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু $SiCl_4$ সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। –এর ব্যাখ্যা দাও।
[ঢা. বো. ২০০৯, ২০১১; চ. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০১০; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৯, ২০১১; দি. বো. ২০০৯]

(ড) টিন (II) লবণসমূহ শক্তিশালী বিজারক; কিন্তু টিন (IV) লবণসমূহ দুর্বল জারক। —এর ব্যাখ্যা দাও।

(ঢ) লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে, তা সমীকরণসহ লেখ। [ঢা. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৯, ২০১১; সি. বো. ২০০৮, ২০১০; কু. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৫; রা. বো. ২০১০]

(ণ) বক্সাইট কী? এর ব্যবহার উল্লেখ কর। [রা. বো. ২০০৮]

(ত) কী ঘটে লেখ ঃ $AlN + H_2O \xrightarrow{\Delta} ?$ [ঢা. বো. ২০১১]

২। **(ক) সংকর ধাতুর সংযুক্তি ঃ**

(১) ডুরালুমিন ও (২) নিকেলয় সংকর ধাতুর সংযুক্তি ও ব্যবহার লেখ।

**(খ) সংকেত লেখ ঃ**

(১) বক্সাইট [য. বো. ২০০৯] (৭) জিবসাইট

(২) কোরান্ডাম (৮) অ্যালুনাইট [য. বো. ২০১১]

(৩) ক্রায়োলাইট [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০০৭; চ. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৯, ২০১১; ব. বো. ২০০৭; রা. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৬] (৯) আর্জাইরোডাইট

(৪) চিনামাটি বা কেওলিন (১০) গ্যালেনা [ঢা. বো. ২০০৯; সি. বো. ২০০৭]

(৫) পটাস ফেল্ডস্পার (৬) ডায়াস্ফোর (১১) সেরুসাইট

(১২) রেড লেড [ঢা. বো. ২০০৩]

৩। **আয়ন শনাক্তকরণ ঃ**

(ক) দ্রবণে $Al^{3+}$ আয়ন কীভাবে শনাক্ত করা হয় ? [ঢা. বো. ২০০৭, ২০১০; চ. বো. ২০০৭, ২০১১; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০০৬, ২০০৮; রা. বো. ২০০৭, ২০০৯; দি. বো. ২০০৯]

(খ) দ্রবণে $Pb^{2+}$ আয়ন কীভাবে শনাক্ত করা হয় ? [ঢা. বো. ২০১১; কু. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৯; য. বো. ২০১০]

৪। **সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও ঃ**

(ক) নিম্নের আয়ন যুগলের মধ্যে কোন্‌টি অধিক স্থিতিশীল; –তা কারণসহ লেখ।
(i) $Pb^{2+}$ , $Pb^{4+}$ ; (ii) $Sn^{4+}$ , $Sn^{2+}$ ;

(খ) নিম্নের আয়ন যুগলের মধ্যে কোন আয়নটি জারক ও কোনটি বিজারক?
(i) $Pb^{2+}$ , $Pb^{4+}$, (ii) $Sn^{2+}$ , $Sn^{4+}$

(গ) নিম্নের কোন যৌগটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় এবং তাতে কী প্রকার বন্ধন আছে? $CCl_4$ , $AlCl_3$

(ঘ) নিম্নোক্ত মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। (i) Al, (ii) C, (iii) B, (iv) Si

## সৃজনশীল প্রশ্ন

### ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন

১। গ্রুপ–IIIA ও গ্রুপ–IVA মৌলসমূহ হল p-ব্লকের ছয়টি গ্রুপের মধ্যে প্রথম দুটি। এদের মধ্যে Al ধাতু সর্বাধিক ব্যবহৃত ধাতু এবং Si হল সর্বাধিক ব্যবহৃত অধাতু সেমিকনডাক্টর। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে উভয় গ্রুপের মৌলের ধাতব প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়; কিন্তু পর্যায়গতভাবে ধাতব ধর্ম হ্রাস পায়। Li, Be হল ধাতু, কিন্তু B, C, Si হল অধাতু।

(ক) বক্সাইট কী? ১

(খ) উদ্দীপকের তথ্য মতে, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) $Al_2O_3$ উভধর্মী হওয়ায় বেয়ার পদ্ধতিতে বক্সাইটের বিশোধন সম্ভব হয়েছে, তা ব্যাখ্যাসহ প্রক্রিয়াটি বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের গ্রুপ IV এর অধাতব মৌলদ্বয়ের ৪টি করে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য লেখ। ৪

২। সক্রিয়তা সিরিজে Al এর নিচে অবস্থিত ধাতুসমূহকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে আকরিক থেকে নিষ্কাশন করা হয়। Al ধাতু ও এর উপরের ধাতুর বেলায় কার্বন বিজারণ প্রযোজ্য নয়। সাধারণত সমযোজী অধাতব ক্লোরাইড পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। কিন্তু আয়নিক $AlCl_3$ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে।

http://pdfcorner.com

(ক) আকরিক বলতে কী বুঝ? ১
(খ) ডাইমার বলতে কী বুঝ? অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড নিম্নতাপমাত্রায় ডাইমার গঠন করে; ব্যাখ্যা কর। ২
(গ) উদ্দীপক মতে, আর্দ্র বিশ্লেষণ কী? অধাতব ক্লোরাইড যেমন $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হলেও $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না কেন; ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপক মতে, অ্যালুমিনা থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Al ধাতু নিষ্কাশন করা সম্ভব নয় কেন যুক্তি দাও। অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৪

৩। p-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে যে কয়টি ধাতু আছে, এদের অধিকাংশ অপধাতু বা মেটালয়েড। তোমার সিলেবাস মতে p-ব্লকভুক্ত ধাতুটির যোজনী হল 3। এর অক্সাইডটি পানিতে অদ্রবণীয়; কিন্তু এটি গাঢ় NaOH দ্রবণ ও HCl এসিডে দ্রবণীয়। ঐ ধাতুর ক্লোরাইড ডাইমার গঠন করে এবং এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয় হয়।

(ক) তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত p-ব্লকের মৌলসমূহের নাম ও প্রতীক লেখ। ১
(খ) উদ্দীপক মতে, ধাতুটির অক্সাইডের সংকেত লিখে এর সাথে এসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়া লেখ। ২
(গ) উদ্দীপক মতে, ধাতুটির ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয় কেন তা ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের ধাতুটির লবণে ক্যাটায়নের একটি শুষ্ক পরীক্ষা ও একটি সিক্ত পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ। ৪

৪।গ্রুপ-IIIA ও গ্রুপ IVA মৌলসমূহ হল p-ব্লকভুক্ত। এই দুই গ্রুপে ধাতু, অধাতু ও অপধাতু—এ তিন শ্রেণীর মৌল রয়েছে। তাই এদের যৌগসমূহ বিশেষ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম প্রকাশ করে। যেমন- কর্ণ সম্পর্ক, ক্যাটেনেশন, অক্সাইডের উভধর্মিতা প্রভৃতি বৈশিষ্ট্য আছে।

(ক) লেডের বিষক্রিয়া কী? ১
(খ) উত্তপ্ত Mg এর সাথে $N_2$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে উষ্ণ পানিতে যোগ করলে কী ঘটে? ২
(গ) উদ্দীপক মতে, মৌলের কর্ণ সম্পর্ক বলতে কী বোঝ? বোরন ও সিলিকনের মধ্যে ৪টি সাদৃশ্য লেখ। ৩
(ঘ) উদ্দীপক মতে, $Al_2O_3$ ও $PbO_2$ উভধর্মী, কঠিন ধাতব অক্সাইড; কিন্তু অধাতব $CO_2$ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস হলেও $SiO_2$ হল কঠিন পদার্থ; এর ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫। $ns^2\ np^2$ সাধারণ যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট দুটি মৌল X ও Y। X এর ইলেকট্রন বিন্যাসে ২টি স্তর ও Y এর ইলেকট্রন বিন্যাসে ৩টি স্তর আছে। জীবজগতে ও শিল্পক্ষেত্রে X মৌলটির গুরুত্ব অপরিসীম। সংকর ধাতু ও ইলেকট্রনিক প্রযুক্তিগত যোগাযোগ উৎকর্ষতায় Y মৌলটির অবদান বর্ণনাতীত।

(ক) ল্যাটিস এনথালপি কী? ১
(খ) PbO একটি উভধর্মী অক্সাইড; তা ব্যাখ্যা কর। ২
(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত মৌল দুটির সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য ধর্ম লেখ। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের মৌল দুটির মধ্যে – (i) শিল্পক্ষেত্রে মূল্যবান বিজারক রূপে X মৌলটির এবং (ii) উদ্দীপক সমর্থন করে Y মৌলটির তিনটি করে ব্যবহার লেখ। ৪

## খ-বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

### খ-১ MCQ ঃ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) ঃ জ্ঞান ও অনুধাবন স্তরভিত্তিক

১। কোন্‌টি p- ব্লক মৌল নয়?
(ক) Al (খ) C (গ) N (ঘ) Be.

২। কোনটি উভধর্মী ধাতু?
(ক) Fe (খ) Na (গ) Al (ঘ) Cu

৩। Al-ধাতু নিষ্কাশন করা হয়- কোন প্রক্রিয়ায়?
(ক) স্ববিজারণ (খ) থারমিট বিজারণ (গ) তড়িৎ বিশ্লেষণ (ঘ) কার্বন বিজারণ

৪। অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জের সংযুক্তি নিচের কোন্‌টি?
(ক) Al (95%), Mg(5%) (খ) Al(12%), Cu(88%)
(গ) Al(95%), Cu(4%), Ni(1%) (ঘ) Al(95%), Mg (5%), Ni(1%)

http://pdfcorner.com

৫। ক্যাটেনেশন ধর্ম কোন মৌলে সর্বাধিক প্রকাশ পেয়েছে?
(ক) Si (খ) C (গ) Pb (ঘ) P

৬। চিনামাটির সংকেত নিচের কোনটি?
(ক) $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$ (খ) $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$
(গ) $Na_2CO_3. CaCO_3, SiO_2$ (ঘ) $Na_2CO_3. Al_2O_3.2SiO_2$

৭। ট্রানজিস্টরে সেমিকনডাক্টররূপে ব্যবহৃত হয় কোন মৌল?
(ক) Si (খ) Ga (গ) Al (ঘ) P

৮। অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণকালে এর গলনাঙ্ক হ্রাস করার জন্য কোন্‌টি ব্যবহৃত হয়?
(ক) ক্রায়োলাইট, (খ) ফ্লোরস্পার (গ) $Al_2O_3$ (ঘ) CaO

৯। প্রোডিউসার গ্যাস নিচের কোনটি?
(ক) $(2CO + N_2)$ (খ) $(CO + H_2)$ (গ) $(Fe_2O_3 + Cr_2O_3)$ (ঘ) $(2CO + H_2)$

১০। চশমার লেন্স ও প্রিজম তৈরিতে ব্যবহৃত হয় কোন কাচ?
(ক) পাইরেক্স (খ) ফ্লিন্ট কাচ (গ) সোডা কাচ (ঘ) পটাস কাচ

১১। ক্রায়োলাইটের সংকেত কোনটি হবে?
(ক) $Al_2O_3$ (খ) $Al_2O_3.MgO$ (গ) $AlF_3.3NaF$ (ঘ) $CaF_2$

১২। গ্যালেনা আকরিকের সংকেত কী?
(ক) $PbCO_3$ (খ) PbS (গ) $Cu_2S$ (ঘ) $CuFeS_2$

১৩। গ্রুপ III A, ও গ্রুপ IVA এর কোন মৌলদ্বয়ের মধ্যে ধর্মের মিল আছে?
(ক) B ও Si (খ) C ও P (গ) Al ও Si (ঘ) B ও Mg

১৪। সিলেন যৌগের সংকেত কোনটি?
(ক) $PbH_4$ (খ) $SnH_4$ (গ) $SiO_2$ (ঘ) $SiH_4$

১৫। লেডের বিষক্রিয়ার জন্যে কোন যৌগটি দায়ী?
(ক) $Pb_3O_4$ (খ) $PbCO_3$ (গ) $Pb(OH)_2$ (ঘ) PbO

১৬। চশমার লেন্স তৈরিতে কোন শ্রেণীর কাচ ব্যবহৃতহ হয়?
(ক) সোডা কাচ (খ) পটাস কাচ (গ) বোরো সিলিকেট (ঘ) লেড কাচ

১৭। কাচ হল রাসায়নিকভাবে –
(ক) দানাদার দ্বিসিলিকেট (খ) অদানাদার দ্বিসিলিকেট (গ) দানাদার দ্বিকার্বনেট (ঘ) সিলিকা কার্বনেট

১৮। লোহিত তপ্ত কোক কার্বনের উপর স্টিম চালনা করলে উৎপন্ন হয় –
(ক) প্রোডিউসার গ্যাস (খ) প্রাকৃতিক গ্যাস (গ) ওয়াটার গ্যাস (ঘ) $(CO + N_2)$

১৯। ধাতব কোন যৌগটি উত্তাপে উর্ধপাতিত হয়?
(ক) $NH_4Cl$ (খ) $AlCl_3$ (গ) $Al_2O_3$ (ঘ) CsCl

২০। কোন আয়ন যুগল অধিক স্থিতিশীল?
(ক) $Pb^{2+}Sn^{4+}$ (খ) $Pb^{4+}, Sn^{4+}$ (গ) $Sn^{2+}. Pb^{2+}$ (ঘ) $Pb^{4+}. Pb^{2+}$

২১। গলিত কাচে কোবাল্ট অক্সাইড মিশ্রিত করলে কাচের বর্ণ হয়?
(ক) বেগুনি (খ) নীল (গ) সবুজ (ঘ) হলুদ

**খ–১ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। ঘ, ২। গ, ৩। গ, ৪। খ, ৫। খ, ৬। ক, ৭। ক, ৮। ক, ৯। ক, ১০। খ, ১১। গ, ১২। খ, ১৩। ক, ১৪। ঘ, ১৫। গ, ১৬। ঘ, ১৭। খ, ১৮। গ, ১৯। খ, ২০। ক, ২১। খ।

http://pdfcorner.com

## খ–২ MCQ : বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ঃ

১। গ্রুপ IIIA মৌল B এর গলনাঙ্ক 2079°C, Al এর গলনাঙ্ক 660°C – এর কারণ হল ঃ
(i) বোরনের ১২টি পরমাণু পরস্পর সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে,
(ii) বোরন হল অপধাতু, (iii) B–B সমযোজী বন্ধন শক্তি বেশি।
কোনটি সঠিক হবে–
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

২। বিগালক ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনার তাড়ৎ বিজারণে $CaF_2$ যোগ করার উদ্দেশ্য –
(i) বিয়োজনে সহায়ক (ii) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তরলতা বৃদ্ধি (iii) পরিবাহিতা বৃদ্ধি
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) , (ii) ও (iii)

৩। গ্রুপ III A এর মৌল বোরন ও Al এর মধ্যে বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ ঃ
(i) B অধাতু, Al ধাতু; (ii) B এর রূপভেদ আছে, Al এর তা নেই; (iii) $B_2O_3$ অম্লধর্মী; $Al_2O_3$ উভধর্মী,
কোন্‌টি সঠিক হবে –
(ক) (i) , (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৪। নিচের আকরিকের নাম ও সংকেত লক্ষ্য কর ঃ
(i) কোরান্ডাম ঃ $Al_2O_3$ (ii) ক্রায়োলাইট ঃ $AlF_3.3NaF$ ; (iii) সেরুসাইট ঃ $PbCO_3$
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) (i), (ii) (খ) (i) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৫। নিচের ধাতু সংকরের নাম ও সংযুক্তি লক্ষ্য কর ঃ
(i) ম্যাগনেলিয়াম ঃ (70-95%Al, 30 – 5% Mg)
(ii) নিকেলয় ঃ (95%Al, 5% Cu)
(iii) ডুরালুমিন ঃ (95%Al, 4% Cu, 0.5% Mg, 0,5% Mn)
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i), (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

৬। বক্সাইট আকরিকে খনিজমল থাকে :
(i) সাদা সিলিকা, (ii) লালচে FeO (iii) বাদামী $Fe_2O_3$
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i), (ii) ও (iii) (খ) (i) ও (ii) (গ) (i) ও (iii) (ঘ) (ii) ও (iii)

৭। ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মি শোষিত হয় কোন কাচ দ্বারা ঃ
(i) ফ্লিন্ট গ্লাস ঃ ($Na_2O$, $K_2O$, Pbo, $B_2O_3$, $SiO_2$)
(ii) ক্রুক্‌স গ্লাস ঃ ($K_2O$, PbO, $CeO_2$, $SiO_2$)
(iii) পাইরেক্স গ্লাস ঃ ($Na_2O$, $K_2O$, PbO, $B_2O_3$, $SiO_2$)
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii) (খ) (ii) ও (iii) (গ) (i) (ঘ) (ii)

৮। সিলিকা ও সিলিকোন সম্বন্ধে তথ্যগুলো লক্ষ্য কর ঃ
(i) কোয়ার্টজ ঘড়ি তৈরিতে সিলিকা ব্যবহৃত হয়, (ii) সিলিকোন ভার্নিশ ও ওয়াটার প্রুফ পরিচ্ছেদ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়, (iii) উভয় যৌগ HCl এসিডে দ্রবণীয়,
কোনটি সঠিক হবে –
(ক) (i) ও (ii ) (খ) (i), (ii) ও (ii) (গ) (ii) ও (iii) (ঘ) (i) ও (iii)

**খ–২ MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। গ, ২। গ, ৩। ক, ৪। গ, ৫। ঘ, ৬। গ, ৭। ঘ, ৮। ক।

http://pdfcorner.com

# পরিশিষ্ট–১

## বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ

| তাপমাত্রা | চাপ | তাপমাত্রা | চাপ |
|---|---|---|---|
| ° সে. | মি.মি. (পারদ) | ° সে. | মি.মি. (পারদ) |
| ১°— | ৪·৯৪ | ১৯°— | ১৬·৩৫ |
| ২°— | ৫·৩০ | ২০°— | ১৭·৩৯ |
| ৩°— | ৫·৬৯ | ২১°— | ১৮·৫০ |
| ৪°— | ৬·১০ | ২২°— | ১৯·৬৬ |
| ৫°— | ৬·৫৩ | ২৩°— | ২০·৮৯ |
| ৬°— | ৭·০০ | ২৪°— | ২২·১৮ |
| ৭°— | ৭·৯৪ | ২৫°— | ২৩·৫৫ |
| ৮°— | ৮·২০ | ২৬°— | ২৪·৯৯ |
| ৯°— | ৮·৫৭ | ২৭°— | ২৬·৫১ |
| ১০°— | ৬·১৭ | ২৮°— | ২৮·১০ |
| ১১°— | ৯·৭৯ | ২৯°— | ২৯·৭৮ |
| ১২°— | ১০·৪৬ | ৩০°— | ৩১·৫৫ |
| ১৩°— | ১১·১৬ | ৩১°— | ৩৩·৫৭ |
| ১৪°— | ১২·৯১ | ৩৩°— | ৩৯·৫৯ |
| ১৫°— | ১২·৭০ | ৩৫°— | ৪২·০২ |
| ১৬°— | ১৩·৫৪ | ৪০°— | ৫৫·১৩ |
| ১৭°— | ১৪·৪২ | ৪৫°— | ৭১·৬৪ |
| ১৮°— | ১৫·৩৬ | ৫০°— | ৯২·৩০ |

| তড়িৎ ধনাত্মক সিরিজ |
|---|
| Li |
| K |
| Na |
| Ca |
| Mg |
| Al |
| Cr |
| Mn |
| Zn |
| Fe |
| Cd |
| Co |
| Ni |
| Sn |
| Pb |
| H |
| As |
| Cu |
| Hg |
| Ag |
| Pt |
| Au |

| তড়িৎ ঋণাত্মক সিরিজ |
|---|
| F |
| O |
| Cl |
| N |
| Br |
| S |
| C |
| I |
| P |
| As |
| B |
| Si |
| Sb |

# পরিশিষ্ট–২

## (১) মূল SI এককের তালিকা (Table of Basic SI Units)

| ভৌত রাশি | এককের নাম | প্রতীক |
|---|---|---|
| দৈর্ঘ্য (length) | মিটার | m |
| ভর (mass) | কিলোগ্রাম | kg |
| পদার্থের পরিমাণ | মোল | mol |
| তাপমাত্রা | কেলভিন | K |
| সময় | সেকেন্ড | s |
| তড়িৎ প্রবাহ (current) | অ্যাম্পিয়ার | A |

## (২) উদ্ভূত SI এককের তালিকা (Table of Derived SI Units)

| ভৌত রাশি | এককের নাম | SI প্রতীক |
|---|---|---|
| ক্ষেত্রফল (area) | বর্গমিটার | $m^2$ |
| আয়তন (Volume) | ঘনমিটার | $M^3$ |
| ঘনত্ব (density) | কিলোগ্রাম প্রতি ঘনমিটার | $kg\ m^{-3}$ |
| গতিবেগ (velocity) | মিটার প্রতি সেকেন্ড | $ms^{-1}$ |

http://pdfcorner.com

| ভৌত রাশি | এককের নাম | SI প্রতীক |
|---|---|---|
| কৌণিক বেগ (angular velocity) | রেডিয়ান প্রতি সেকেন্ড | $rad\ s^{-1}$ |
| ত্বরণ (acceleration) | মিটার প্রতি বর্গ সেকেন্ড | $m\ s^{-2}$ |
| বল (force) | নিউটন (N) | $kg\ m\ s^{-2}\ (= Jm^{-1})$ |
| চাপ (Pressure) | নিউটন বর্গ মিটার | $Nm^{-2}$ (Pa) |
| শক্তি (energy) | জুল (J) | $kg\ m^2s^{-2}\ (= Nm)$ |
| ক্ষমতা (Power) | ওয়াট (W) | $kg\ m^2s^{-3}\ (= Js^{-1})$ |
| বৈদ্যুতিক চার্জ | কুলম্ব (C) | $A\ s$ |
| বৈদ্যুতিক পটেনশিয়াল | ভোল্ট (V) | $kg\ m^2\ s^{-3}\ A^{-1}\ (= JA^{-1}s^{-1})$ |
| বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র শক্তি | ভোল্ট প্রতি মিটার | $Vm^{-1}$ |
| বৈদ্যুতিক রোধ | ওহ্ম (Ω) | $VA^{-1}$ |

## (৩) পুরাতন একক থেকে SI এককে রূপান্তরের তালিকা
**(Table of conversion from Old units into SI Units)**

| ভৌত রাশি (Physical quantity) | প্রতীকসহ নাম (Name) | SI তুল্য (SI equivalent) |
|---|---|---|
| দৈর্ঘ্য (length) | অ্যাংস্ট্রম (Å) | $10^{-10}$ m |
| আয়তন (volume) | লিটার (l) | $10^{-3}\ m^3$ |
| ভর (mass) | পাউন্ড (lb) | 0·4536 kg |
| বল (force) | ডাইন (dyne) | $10^{-5}$ N |
| চাপ (pressure) | বায়ুমণ্ডল (atm.) | 101.325 $Nm^{-2}$ (বা Pa, পাসকল) |
| শক্তি (energy) | আর্গ (erg) | $10^{-7}$ জুল (J) |
| | ক্যালরি | 4·184 J |
| | ইলেক্ট্রন ভোল্ট (eV) | $0{\cdot}16021 \times 10^{-18}$ J |
| সান্দ্রতা (Viscosity) | পয়েজ (Poise) | $10^{-1}\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$ |
| ডাইপোল মোমেন্ট | ডিবাই (debye) | $3{\cdot}338 \times 10^{-3}\ m\ A$ |
| পৃষ্ঠতল টান | ডাইন প্রতি সে. মি. | $10^{-3}\ Nm^{-1}$ |

## (৪) দশের সূচকের নাম (Names of Powers of Ten)

| দশের সূচক | পূর্বটীকা (Prefix) | প্রতীক |
|---|---|---|
| $১০^{১২}$ | টেরা (tera) | T |
| $১০^{৯}$ | জিগা (giga) | G |
| $১০^{৬}$ | মেগা (mega) | M |
| $১০^{৩}$ | কিলো (kilo) | k |
| $১০^{২}$ | হেক্টো (hecto) | H |
| ১০ | ডেকা (deca) | D |
| $১০^{-১}$ | ডেসি (deci) | d |
| $১০^{-২}$ | সেন্টি (centi) | c |
| $১০^{-৩}$ | মিলি (milli) | m |
| $১০^{-৬}$ | মাইক্রো (micro) | $\mu$ |
| $১০^{-৯}$ | ন্যানো (nano) | n |
| $১০^{-১২}$ | পিকো (pico) | p |
| $১০^{-১৫}$ | ফেমটো (femto) | f |
| $১০^{-১৮}$ | অ্যাটো (atto) | a |

যেমন,
১ কিলোমিটার (km) = $১০^{৩}$ মিটার
১ সেন্টিমিটার (cm) = $১০^{-২}$ মিটার
১ মাইক্রোমিটার ($\mu$m) = $১০^{-৬}$ মিটার
১ ন্যানোমিটার (nm) = $১০^{-৯}$ মিটার
১ ফ্যামটোমিটার (fm) = $১০^{-১৫}$ মিটার

**বিভিন্ন এককে প্রতীকের ব্যবহার :** এককের প্রতীক একবচন হিসেবে লেখা হয়; বহুবচন ব্যবহৃত হয় না। যেমন,

| শুদ্ধ | অশুদ্ধ |
|---|---|
| 2g | 2gs, 2gms, 2g.m. |
| 5 kg | 5 Kgs, 5 kgs. |
| 5 mL | 5 mLs, 5 mls |
| 10 cm | 10 cms, 10 c.ms. |



http://pdfcorner.com

# মডেল প্রশ্ন

## বার্ষিক পরীক্ষা–২০১২ বা নির্বাচনি পরীক্ষা–২০১৩

রসায়ন–১মপত্র ঃ (সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ ও বহুনির্বাচনি প্রশ্ন)

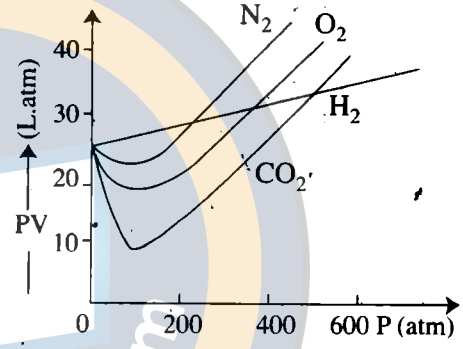
পূর্ণমান ঃ (৪০ + ৩৫) = ৭৫

সময় ঃ (২ ঘন্টা + ৩৫ মিনিট) = ২ ঘণ্টা ৩৫ মিনিট

**ক–বিভাগ ঃ সৃজনশীল কাঠামোবদ্ধ প্রশ্ন ঃ** ৬টি প্রশ্ন থেকে যে কোন ৪টি প্রশ্নের উত্তর দাও। ১০ × ৪ = ৪০

**দ্রষ্টব্য ঃ** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক, প্রদত্ত উদ্দীপকগুলো মনোযোগ সহকারে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। গ্যাস সূত্রসমূহের সমন্বয়ে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিষ্ঠিত করা হয়। গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে $PV = \frac{1}{3}mNc^2$ গতীয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। অ্যামেগার পরীক্ষা ও লেখচিত্র মতে $CO_2$, $O_2$ ও $H_2$ প্রভৃতি বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাস নয়। আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির মাত্রা গ্যাসের পেষণ–গুণাঙ্ক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যামেগার লেখচিত্রটি নিম্নরূপঃ




(ক) পদার্থের এক মোল বলতে কি বোঝায়? ১

(খ) কী কী বৈশিষ্ট্য থাকলে কোন গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়? বাস্তব গ্যাস যেমন $N_2$, $O_2$, $H_2$ ইত্যাদি কী কী শর্তে মোটামুটি আদর্শ আচরণ করে থাকে? ২

(গ) উদ্দীপকের উল্লিখিত আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ ব্যবহার করে (i) চার্লসের সূত্র ও (ii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র প্রতিপাদন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে; (i) গ্যাসের পেষণ–গুণাঙ্ক বলতে কী বুঝ? পেষণ–গুণাঙ্ক দ্বারা বাস্তব গ্যাসের অ্যামেগার লেখচিত্রের ব্যাখ্যা দাও। (ii) STP তে 1mol পরিমাণ $CO_2$ গ্যাসের পেষণ–গুণাঙ্ক 0.058 হয়। 27°C তাপমাত্রা এবং 100kPa চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? ৪

২। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে; নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। এরূপ দুটি বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s) \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{27}_{12}Mg + {}^{1}_{1}H \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

এ উদ্দীপকটি অনুধাবন করে নিচের সংশ্লিষ্ট প্রশ্নে তা প্রয়োগ ও ব্যাখ্যা করতে চেষ্টা কর।

(ক) জারণ সংখ্যা কী? ১

(খ) পারমাণবিক ভর একক (amu) কী? প্রকৃতিতে অক্সিজেনের $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$ এর পরিমাণ যথাক্রমে 99.76%, 0.037%, 0.204% হলে অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর গণনা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, (1) নং বিক্রিয়ার উভয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। লুইস প্রতীকের সাহায্যে বিক্রিয়া দেখাও। আয়ন ইলেকট্রন অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, প্রদত্ত (1) ও (2) নং বিক্রিয়া দুটি কোন্ শ্রেণীভুক্ত তা লেখ। উভয় শ্রেণীর বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্যসমূহ উদ্দীপক থেকে ভিন্ন উদাহরণসহ লেখ। $^{234}_{90}Th$ থেকে $\alpha$–রশ্মি বিকিরণ বিক্রিয়াটির সমীকরণ লেখ। ৪

৩। পাকস্থলীর ভেগাস নার্ভের প্রভাবে গ্যাস্ট্রিক প্যারাইটাল কোষ থেকে 0.1M HCl এসিড অতিরিক্ত নিঃসৃত হলে পাকস্থলীতে ক্ষত বা গ্যাস্ট্রিক আলসার সৃষ্টি হয়। তখন চিকিৎসক এন্টাসিড খেতে দেন। বিভিন্ন ওষুধ কোম্পানির এন্টাসিড ট্যাবলেটে $Mg(OH)_2$ বা $Al(OH)_3$ থাকে। এন্টাসিডের অম্লত্বের মাত্রা ও প্রাণিকোষের উপর ক্ষতিকর প্রভাব আছে কীনা দুটি শর্তের উপর গ্যাস্ট্রিক HCl এসিডের প্রশমন কার্যকারিতা নির্ভর করে। ফলের রসের দুর্বল কার্বক্সিলিক এসিড প্রাণি কোষের ক্ষতি করে না।

http://pdfcorner.com

(ক) মোলাল দ্রবণ কী? ১

(খ) ক্ষারকের অম্লত্ব বলতে কী বুঝ? $Al(OH)_3$ ও $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব কত, তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, প্রশমন বিক্রিয়া কী? পাকস্থলীতে নিঃসৃত অতিরিক্ত HCl এসিডকে প্রশমনে এন্টাসিডের পরিবর্তে NaOH ক্ষার ব্যবহার করা যায় কী না; ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, আঙ্গুরে টারটারিক এসিড ও লেবুর রসে সাইট্রিক এসিড নামে জৈব কার্বক্সিলিক এসিড আছে। অধিক আঙ্গুর বা লেবুর রস খেলে পাকস্থলীর অধিক HCl এসিডের মত ক্ষত সৃষ্টি হবে কীনা ব্যাখ্যা কর। 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের মোলারিটি কত হবে? ৪

৪। কপার ও টিন (Sn) এর সংকর ধাতু ব্রোঞ্জের মধ্যে টিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য ব্রোঞ্জের 15g ক্ষুদ্র গুড়াকে লঘু $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করে সমস্ত টিনকে $SnSO_4$ দ্রবণে পরিণত করা হল। লঘু $H_2SO_4$ এসিডে বিক্রিয়াবিহীন কপার গুড়াকে ছেঁকে প্রাপ্ত দ্রবণকে পানি মিশিয়ে 250 mL করা হল। এ দ্রবণের 20 mL কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে 0.02M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করতে 25 mL $KMnO_4$ দ্রবণ দরকার হল। [ Sn এর পাঃ ভর = 118.71]

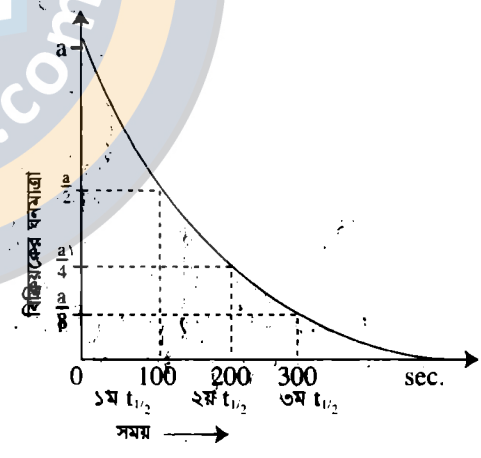
(ক) রিডক্স বিক্রিয়ায় দর্শক আয়ন কী? ১

(খ) রিডক্স টাইট্রেশনে জারক রূপে $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর। ২

(গ) উদ্দীপকের টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় সংঘটিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, (i) লঘু $H_2SO_4$ এসিডে কপার বিক্রিয়াবিহীন কেন ব্যাখ্যা কর। উদ্দীপকে প্রদত্ত ডাটা থেকে ব্রোঞ্জে টিনের শতকরা পরিমাণ গণনা কর। ৪

৫। নিচে কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা বনাম সময়ের লেখচিত্র দেখানো হল। এ লেখচিত্র সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের যথাযথ উত্তর দাও।




(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণ বলতে কী বোঝ? এর শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপকের লেখচিত্র মতে, বিক্রিয়ার অর্ধায়ু ($t_{1/2}$) বলতে কী বোঝ? লেখচিত্র মতে বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু কত? অর্ধায়ু মতে বিক্রিয়াটির ক্রম ও হার ধ্রুবক গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে,বিক্রিয়াটির ক্রমভিত্তিক হার ধ্রুবকের সাধারণ সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু 300s হলে সেক্ষেত্রে কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক অষ্টমাংশ অবশিষ্ট থাকবে? ৪

৬। সক্রিয়তা সিরিজে Al এর নিচে অবস্থিত ধাতুসমূহকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে আকরিক থেকে নিষ্কাশন করা হয়। Al ধাতু ও এর উপরের ধাতুর বেলায় কার্বন বিজারণ প্রযোজ্য নয়। সাধারণ সমযোজী অধাতব ক্লোরাইড পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। কিন্তু আয়নিক $AlCl_3$ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে।

(ক) আকরিক বলতে কী বুঝ? ১

(খ) ডাইমার বলতে কী বুঝ? অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড নিম্নতাপমাত্রায় ডাইমার গঠন করে, ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, আর্দ্রবিশ্লেষণ কী? অধাতব ক্লোরাইড যেমন $SiCl_4$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হলেও $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না কেন; ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, অ্যালুমিনা থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে Al ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব নয় কেন যুক্তি দাও। অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ চিত্রসহ বর্ণনা দাও। ৪

http://pdfcorner.com

# মডেল প্রশ্ন

## বার্ষিক পরীক্ষা–২০১২

রোল নম্বর ঃ

**রসায়ন–১ম পত্র (তত্ত্বীয়) :**

প্রাপ্ত নম্বর ঃ

**খ বিভাগ ঃ সৃজনশীল বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ**

সময় ঃ ৩৫ মিনিট ; পূর্ণমান ঃ ৩৫

[ সৃজনশীল বহু নির্বাচনি প্রশ্নপত্রের প্রতিটি ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত উদ্দীপকের ক খ গ ঘ বর্ণ সম্বলিত তথ্য থেকে সঠিক উত্তরের বৃত্তটি কালো বল–পয়েন্ট কলমের কালি দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। উল্লেখ্য একই প্রশ্নে একাধিক বৃত্ত ভরাট করলে ঐ উত্তরটি বাতিল গণ্য হবে। প্রতিটি প্রশ্নের মান হল ১। ]

১। SATP পদ্ধতিতে গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ ও মোলার আয়তন কত হয়?

ক 0°C,1 atm, 22.4L; খ 0°C, 100 kPa, 22.414L;

গ 25°C, 100kPa,24.789L; ঘ 25°C, 1atm, 24.414 L;

২। গ্রাহামের সূত্রমতে গ্যাসের ব্যাপন হার–

(i) গ্যাসের ঘনত্বের সমানুপাতিক, (ii) গ্যাসের আণবিক ভরের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক,

(iii) গ্যাসের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক,

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

17°C তাপমাত্রা ও 0.75 atm চাপে 500mL $H_2$ গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। ঐ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.254 kPa হয়। এ তথ্য থেকে নিচের ৩নং ও ৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৩। শুষ্ক $H_2$ গ্যাসের চাপ কোন্‌টি হবে?

ক 93.5kPa খ 92.0kPa গ 93.0kPa ঘ 92.5kPa

৪। STP তে ঐ $H_2$ গ্যাসের আয়তন কত হবে?

ক 425mL খ 432 mL গ 450 mL ঘ 460 mL

৫। পারমাণবিক নিউক্লিয়াসের ব্যাস কোন্‌টির কাছাকাছি হয়?

ক $1 \times 10^{-10}$cm খ $1 \times 10^{-13}$cm গ $1 \times 10^{-8}$cm ঘ $1 \times 10^{-15}$cm

৬। নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য তথ্য হল–

(i) নিউক্লীয় বর্জ্য থাকে; (ii) এটি চেইন বিক্রিয়া; (iii) বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন সম্ভব;

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i), (ii) ও (iii)

৭। IUPAC সংস্থা অনুমোদিত খ্রিস্টাব্দ অনুক্রমে সর্বশেষ দুটি মৌল হল–

(i) মাইটনেরিয়াম, (ii) কোপারনিসিয়াম; (iii) রঞ্জেনিয়াম,

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (iii) ও (ii)

http://pdfcorner.com

৩য় পর্যায়ের p-ব্লকের তিনটি মৌল হল $^{27}_{13}Al$, $^{28}_{14}Si$, $^{29}_{15}P$ এর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। এ সব তথ্যভিত্তিক নিচের ৮ নং ও ৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৮। এ তিনটি ভিন্ন পরমাণুর মধ্যে রয়েছে–

(i) প্রোটনের সংখ্যা ভিন্ন (ii) নিউট্রন সংখ্যা সমান; (iii) নিউক্লিয়ন সংখ্যা সমান,

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (i) ও (iii) গ (ii) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

৯। উদ্দীপকের তিনটি ক্লোরাইডের বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল ঃ

(i) $AlCl_3$ যৌগে অষ্টক অপূর্ণ; (ii) $PCl_5$ যৌগে অষ্টক সম্প্রসারিত;

(iii) তিনটি ক্লোরাইড যৌগ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়;

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (i) ও (iii) গ (ii) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

১০। 3d ও 4s অরবিটাল মিলে মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা 11, 12 হলে, মৌল দুটির অবস্থান পর্যায় সারণিতে হবে–

(i) গ্রুপ-IB ও গ্রুপ-IIB তে, (ii) (ii) d-ব্লকে; (iii) উভয় মৌল অবস্থান্তর মৌল,

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

১১। প্যাথোলজি পরীক্ষায় রক্তের গ্লুকোজের সুগারের পরিমাণ প্রকাশ করা হয় কোন্ এককে?

ক মিলিমোল /L ও মিলি গ্রাম /dL খ মিলিগ্রাম /dL ও মোল /L

গ মিলিগ্রাম /L ও মিলি গ্রাম /dL ঘ মিলিমোল /L ও মিলি গ্রাম /L

১২। 20g $CaCO_3$ কে আপবিযোজিত করে কত গ্রাম চুন পাওয়া যাবে?

ক 10.6g খ 11.2g গ 5.6g ঘ 5.3g

১৩। $Fe_3O_4$ যৌগে Fe এর যোজনী ও জারণ-অবস্থা হল যথাক্রমে–

ক 2, 3, –8 খ 2, 3, +2.66 গ –2, –3, + 2.66 ঘ 2, 3, –2.66

১৪। নিচের কোন্ বিক্রিয়া রিডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত নয়?

(i) $NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$ (ii) $Cl_2 + 2OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

(iii) $Cu^{2+} + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}$

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

১৫। নিচের কোন্ যৌগ অণুতে বন্ধন কোণ সবচেয়ে কম?

ক $BeF_2$ খ $H_2O$ গ $NH_3$ ঘ $CH_4$

১৬। সমযোজী অণুর আকৃতি নির্ধারিত হয়; কেন্দ্রীয় পরমাণুর ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত তথ্য মতে :

(i) অরবিটাল সংকরণ; (ii) বন্ধন ইলেকট্রন যুগল; (iii) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল;

http://pdfcorner.com

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

মিথেনের সাথে অধিক অক্সিজেনের বিক্রিয়ার সমীকরণ হল নিম্নরূপ ঃ

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -890.3kJ$

এ তথ্যভিত্তিক নিচের ১৭ নং ও ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

১৭। এ বিক্রিয়াটির বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল–

(i) বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী; (ii) উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি > বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তি,

(iii) বিক্রিয়াটি একটি দহণ বিক্রিয়া।

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (i) ও (iii) গ (ii) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

১৮। এ বিক্রিয়ায় যে বন্ধনগুলোর ভাঙ্গন ঘটেছে, তা হলো নিম্নরূপ ঃ

ক চারটি C–H বন্ধন, দুটি O=O বন্ধন; খ দুটি C–H বন্ধন, দুটি H–O বন্ধন;

গ চারটি C–H বন্ধন, দুটি H–O বন্ধন; ঘ চারটি C–H বন্ধন, দুটি C=O বন্ধন;

১৯। A ও B দুটি তরল আদর্শ দ্রবণ তৈরি করে। এর বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হল ঃ

(i) $V = (V_A + V_B)$; (ii) $P = P_A + P_B$; (iii) $\Delta H = 0$

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

২০। নিচের কোন্ বিক্রিয়ার জন্য নিম্নচাপ সুবিধাজনক হবে?

ক $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$; খ $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

গ $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$; ঘ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনের বিক্রিয়ার সমীকরণ হল নিম্নরূপ ঃ

$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g) \; ; \quad \Delta H = -92kJ$

এ বিক্রিয়ার সমীকরণ ভিত্তিক ২১ নং ও ২২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

২১। উপরোক্ত বিক্রিয়ায় চাপ পরিবর্তনের প্রভাব হবে নিম্নরূপ ঃ

ক চাপ বৃদ্ধিতে $NH_3$ উৎপাদন বাড়বে; খ চাপ কমালে সাম্যাবস্থা অপরিবর্তিত থাকে;

গ স্থির তাপমাত্রায় চাপের প্রভাব নেই; ঘ চাপ বৃদ্ধিতে $NH_3$ উৎপাদন কমবে।

২২। উপরোক্ত বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলাফল কী হবে?

(i) সাম্যাবস্থা বামদিকে সরে যাবে; (ii) কিছু $NH_3$ বিযোজনে $N_2$ ও $H_2$ উৎপন্ন হবে;

(iii) এ বিক্রিয়ায় প্রয়োগকৃত তাপ শোষিত হয়ে উৎপাদ বাড়বে;

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

http://pdfcorner.com

২৩। কোন দ্রবণের pH 6 হলে, ঐ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কোন্‌টি হবে?

ক $10^{-8}$M খ $10^{-6}$M গ $10^{-7}$M ঘ $10^{-5}$M

কৃষি জমিতে pH এর মান 3 এর বেশি কমে গেলে জমির উর্বরতা কমে যায়। তখন কৃষি কর্মকর্তা জমিতে কিছু সার ও চুন ব্যবহারের কথা বলেন। এ তথ্য ভিত্তিক নিচের ২৪ নং ও ২৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

২৪। কৃষি জমিতে সাধারণ pH এর মান কত থাকা স্বাভাবিক?

ক 5–8 খ 5–9 গ 3–14 ঘ 3–9.5

২৫। লালমনির হাটের অধিক অম্লীয় কৃষিজমির pH মান বাড়াতে ব্যবহৃত হয়–

(i) চুন (ii) $CaCO_3$ গুড়া, (iii) $MgCO_3$ গুড়া

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

২৬। ফ্যারাডে কিসের একক?

ক বিদ্যুৎ চার্জের খ বিদ্যুৎ প্রবাহের গ বিদ্যুৎ বিভবের ঘ রোধের

২৭। ফ্যারাডের সূত্র শতভাগ প্রযোজ্য হবে নিচের কোন্‌ ক্ষেত্রে?

ক NaCl(*l*) খ NaCl(aq) গ NaCl(s) ঘ $Al_2O_3$(s)

1M $CuSO_4$ দ্রবণে Cu-পাত ডুবিয়ে তড়িৎদ্বার তৈরি করে প্রমাণ H–তড়িৎদ্বারের সাথে লবণ সেতুর মাধ্যমে যুক্ত করে উচ্চ রোধ বিশিষ্ট ভোল্টমিটার সহকারে সার্কিটপূর্ণ করা হয়। ভোল্টমিটারে কোষটি emf 0.34V দেখাল। কোষ বিক্রিয়াটি হল নিম্নরূপ। এ তথ্যভিত্তিক ২৮ নং ও ২৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

$2H(g) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2H^+(aq) + Cu(s) : E_{কোষ} = 0.34V$

২৮। উদ্দীপক মতে, কোষটির অ্যানোডের বিক্রিয়াটি হল কোন্‌টি?

ক $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ খ $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$;

গ $2H(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$ ঘ $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

২৯। $Cu/Cu^{2+}$ তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিভব হবে কোন্‌টি?

ক 0.0V খ 0.34V গ –0.34V ঘ 0.68V

৩০। বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামক হল ঃ

(i) বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল, (ii) তাপমাত্রা, (iii) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা,

কোন্‌টি সঠিক হবে?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

৩১। নিচের বিক্রিয়ার হার সূত্র মতে, কোন্‌টি ১ম ক্রমের হবে?

ক $r = k \times [H_2] \times [I_2]$ খ $r = k \times [P]^\circ \times [Q]^\circ$ গ $r = k \times [N_2O_5]$; ঘ $r = k \times [N_2O_5]^2$

৩২। একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 10 min. হলে 40 min. পর ঐ পদার্থের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে?

ক $\frac{1}{2}$ খ $\frac{1}{4}$ গ $\frac{1}{8}$ ঘ $\frac{1}{16}$

http://pdfcorner.com

৩৩। একই পর্যায়ভুক্ত মৌল Be এর চেয়ে B এর পাঃ সংখ্যা বেশি হলেও B এর আয়নীকরণ বিভব কম; কারণ–
(i) Be-এর যুগ্মতা ইলেকট্রন যুগলবদ্ধ; (ii) B-এর বেলায় $2p_x^1$ আছে:
(iii) B-এর পরমাণুর আকার ছোট;
কোন্‌টি সঠিক হবে?
ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii) গ (i) ও (iii) ঘ (i) , (ii) ও (iii)

৩৪। রক সল্ট বলতে কোন্ সংকেতকে বোঝায়?
ক KCl খ NaCl গ $NaNO_3$ ঘ $KNO_3$

৩৫। চশমার লেন্স তৈরির কাচের সংযুক্তি কোন্‌টি হবে?
ক $K_2CO_3$, $PbCO_3$, $CeO_2$, $SiO_2$ খ $Na_2CO_3$, $K_2CO_3$, $SiO_2$
গ $K_2CO_3$, $ZnCO_3$, $SiO_2$, ঘ $Na_2CO_3$, $CaCO_3$, $PbCO_3$, $B_2O_3$

**MCQ এর উত্তরমালা ঃ** ১। গ, ২। খ, ৩। গ, ৪। খ, ৫। খ, ৬। ঘ, ৭। ঘ, ৮। ক, ৯। ঘ, ১০। ক, ১১। ক, ১২। খ, ১৩। খ, ১৪। গ, ১৫। খ, ১৬। ঘ, ১৭। খ, ১৮। ক, ১৯। ঘ, ২০। খ, ২১। ক, ২২। ক, ২৩। ক, ২৪। ঘ, ২৫। ঘ, ২৬। ক, ২৭। ক, ২৮। গ, ২৯। গ, ৩০। ঘ, ৩১। গ, ৩২। ঘ, ৩৩। ঘ, ৩৪। খ, ৩৫। ক,

**দ্রষ্টব্য ঃ সতীর্থ অধ্যাপক বৃন্দ দ্বারা বহু নির্বাচনি প্রশ্ন MCQ তৈরির সুবিধার্থে ঃ**

**মোট ৩৫টি MCQ মধ্যে ঃ** জ্ঞান + অনুধাবন = (১৪+১১) = ২৫টি (৭০%);
প্রয়োগ + উচ্চতর জ্ঞান = (৭+৩) = ১০টি (৩০%) মোটামুটি এ সীমার মধ্যে হবে।

প্রথমে আলাদা কাগজে নিচের ছকটি করে রাখুন। এরপর অধ্যায়ভিত্তিক মোট MCQ এর সংখ্যা ঠিক করুন। প্রশ্ন করার সাথে ছকে প্রশ্ন নম্বর বসিয়ে সব অধ্যায় ভিত্তিক MCQ সংযোজন শেষ করুন। প্রদত্ত মডেল প্রশ্নটির ক্ষেত্রে MCQ এর ক্রমিক নম্বর ২য় ছকে দেখানো হল ঃ

| অধ্যায় | ১ম | ২য় | ৩য় | ৪র্থ | ৫ম | ৬ষ্ঠ | ৭ম | ৮ম | ৯ম | ১০ম | ১১শ | ১২শ | ১৩শ | ১৪শ | ১৫শ | ১৬শ | ১৭শ | মোট প্রশ্ন |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ঃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| অনুধাবনমূলক ঃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| প্রয়োগমূলক ঃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| উচ্চতর দক্ষতা ঃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

প্রদত্ত Model প্রশ্নটির ক্ষেত্রে MCQ এর ক্রমিক নম্বর দেখানো হল ঃ

| অধ্যায় | ১ম | ২য় | ৩য় | ৪র্থ | ৫ম | ৬ষ্ঠ | ৭ম | ৮ম | ৯ম | ১০ম | ১১শ | ১২শ | ১৩শ | ১৪শ | ১৫শ | ১৬শ | ১৭শ | মোট প্রশ্ন |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ঃ | ১ | ৫ | ৭ | ১১ | ১৩ | ১৫ | | | ১৯ | ২৩ | ২৬ | ২৮ | ৩০ | ৩৩ | | ৩৪ | ৩৫ | = ১৪টি |
| অনুধাবনমূলক ঃ | ২ | ৬ | ৮ | ১২ | ১৪ | | ১৭ | | ২০ | ২৪ | ২৭ | ২৯ | ৩১ | | | | | = ১১টি |
| প্রয়োগমূলক ঃ | ৩ | | ১০ | | | ১৬ | ১৮ | | ২১ | ২৫ | | | ৩২ | | | | | = ৭টি |
| উচ্চতর দক্ষতা ঃ | ৪ | | | | | ৯ | | | ২২ | | | | | | | | | = ৩ |

= ৩৫

http://pdfcorner.com

# বিভিন্ন বোর্ডের প্রশ্নপত্র

## রসায়ন (তত্ত্বীয়)–প্রথম পত্র

সময়–৩ ঘণ্টা; পূর্ণমান–৭৫

[দ্রষ্টব্য ঃ ডান পাশে উল্লেখিত সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক।]

### ঢাকা বোর্ড–২০১২

**ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন** নম্বর

১। (ক) বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় থেকে গ্যাসের আয়তন, তাপমাত্রা ও চাপের সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত কর। ৪
(খ) হুন্ডের নিয়ম লেখ। এ নিয়ম প্রয়োগ করে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ৪
(গ) 17°C তাপমাত্রায় ও 770 mm(Hg) চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। [17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 14.5 mm(Hg)] ৪
(ঘ) "ইলেকট্রন বিন্যাস পর্যায় সারণির মূল ভিত্তি"—উদাহরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৩

**অথবা,** (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর।
(খ) রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ার পার্থক্য লেখ।
(গ) 30 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হল। কিন্তু প্রশমন সম্পূর্ণ করতে আরও 0.15 M HCl দ্রবণের 400 mL প্রয়োজন হল। NaOH এর ঘনমাত্রা কত?
(ঘ) উদাহরণসহ $sp^3$ হাইব্রিডাইজেশন ব্যাখ্যা কর।

২। (ক) বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ কী বর্ণনা কর। ৪
(খ) আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? দেখাও যে, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। ৪
(ঘ) মিথেনের দহন তাপ $-890.3\ kJmol^{-1}$ হলে, 1335.45 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কত গ্রাম মিথেন প্রয়োজন হবে? ৩

**অথবা,** (ক) সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান—উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।
(খ) রাদারফোর্ডের $\alpha$-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং এ পরীক্ষা থেকে কী কী সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়?
(গ) জারণ সংখ্যা কী? আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের সমীকরণের সমতা বিধান কর ঃ
$Fe^{2+} + Cr^2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O.$
(ঘ) দ্রবণের pH কী? 0.005 M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH গণনা কর।

৩। (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা হতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর। ৪
(খ) তরল-তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) অম্ল-ক্ষার সম্পর্কিত প্রোটনীয় মতবাদ উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) 25°C তাপমাত্রায় ও 2.5 atm চাপে 80% $PCl_5$ বিয়োজিত হয়ে $PCl_3$ এবং $Cl_2$ উৎপন্ন হয়। Kp নির্ণয় কর। ৩

**অথবা,** (ক) শুষ্ক কোষ কাকে বলে? একটি শুষ্ক কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালী লেখ। ৪
(খ) সন্নিবেশ বন্ধন কী? উদাহরণসহ সন্নিবেশ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয় ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) একক কোষ কাকে বলে? NaCl এর কেলাস গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(ঘ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 50s হলে বিক্রিয়াটির 75% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? ৩

**খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন**

৪। (ক) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) লেড অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর। ২

**অথবা,** (ক) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—ব্যাখ্যা কর।
(খ) AgF পানিতে দ্রবণীয় হলেও AgCl পানিতে অদ্রবণীয়—ব্যাখ্যা কর।

৫। (ক) আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) পর্যায় সারণির কর্ণ সম্পর্ক বলতে কী বোঝায়? ২

**অথবা,** (ক) লিটার-অ্যাটমোসফেয়ার এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R$ এর মান নির্ণয় কর।
(খ) আর্গনের দুটো ব্যবহার লেখ।

৬। (ক) $H_3PO_4$ ও $HNO_3$ এর মধ্যে কোনটি অধিক তীব্র এসিড? ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) দ্রবণে $Na^+$ কীভাবে শনাক্ত করবে? ২

**অথবা,** (ক) ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল—ব্যাখ্যা কর।
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* সল্টপিটার; *(ii)* ডলোমাইট।

৭। (ক) প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলতে কী বুঝ? একটি ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। ১+২=৩
(খ) গ্যাসের গড়বেগ ও rms বেগ কী? ২

**অথবা,** (ক) ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) পটাসিয়ামের ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে না গিয়ে 4s অরবিটালে যায় কেন? ২

৮। (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় পানি তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাস—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) কোষের লবণ সেতু কী? এটি ব্যবহার করা হয় কেন? ২

http://pdfcorner.com

**অথবা,** (ক) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? উদাহরণ দাও।
(খ) উদাহরণসহ আবিষ্ট প্রভাবকের সংজ্ঞা দাও।

৯। (ক) দ্রবণের মোলারিটি ও মোলালিটি বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) জুল–থমসন প্রভাব কী? ২

**অথবা,** (ক) $NH_3$ অণুতে H-N-H বন্ধন কোণ $107^\circ$ হয় কেন?
(খ) 90g পানিতে কত মোল পানি ও কয়টি পানির অণু আছে?

## কুমিল্লা বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) বোর পরমাণু মডেলের স্বীকার্যসমূহ লেখ। ৪
(খ) হুন্ডের সূত্রটি লেখ এবং এ সূত্রানুসারে কার্বন ও নাইট্রোজেনের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ৪
(গ) গ্লুকোজের স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। দেওয়া আছে, H = 6.7% এবং O = 53.4%. ৪
(ঘ) পলির বর্জন নীতি বর্ণনা কর। ৩

**অথবা,** (ক) রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল বর্ণনা কর।
(খ) তড়িৎ যোজী বন্ধনের সংজ্ঞা দাও। NaCl অণুর গঠন বর্ণনা কর।
(গ) আংশিক পাতনের মূলনীতি বর্ণনা কর।
(ঘ) 0.01M NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর।

২। (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা তৈরির মূলনীতি বর্ণনা কর। ৪
(খ) ব্যাপন বলতে কী বুঝ? গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রটি প্রতিপাদন কর। ৪
(গ) 27°C উষ্ণতায় 75 cm পারদ চাপে 200 cc $CO_2$ গ্যাসে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) প্রমাণ কর যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধ-জীবন প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না। ৩

**অথবা,** (ক) জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব বর্ণনা কর।
(খ) নিম্নের সমীকরণটি পূর্ণ কর ও সমতা বিধান কর ঃ $Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow$
(গ) $sp^2$ সংকরণ প্রক্রিয়াটি বর্ণনা কর।
(ঘ) 250 ml ডেসিমোলার $H_2SO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত গ্রাম এসিড প্রয়োজন?

৩। (ক) আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? বাস্তব গ্যাসের সাথে এর পার্থক্য লেখ। ৪
(খ) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার উপর চাপ ও ঘনমাত্রার প্রভাব লেখ। ৪
(গ) একটি অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) 2 লি. পাত্রে 1 মোল $PCl_5$ উত্তপ্ত করা হল। সাম্যাবস্থায় 40% বিয়োজিত হলে সাম্যাঙ্ক ($K_c$) নির্ণয় কর। ৩

**অথবা,** (ক) বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর।
(খ) উদাহরণসহ অম্ল এবং ক্ষার সম্পর্কিত প্রোটনীয় মতবাদটি লেখ।
(গ) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কাকে বলে? পর্যায় সারণিতে এর পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) মোলালিটি কী? ইহা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়—ব্যাখ্যা কর।

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) নিরপেক্ষ পানির pH কত এবং কেন? ৩
(খ) $NH_4^+$ এর আকৃতি কীরূপ এবং বন্ধন কোণ কত? ২

**অথবা,** (ক) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকতা বলতে কী বুঝ?
(খ) আধুনিক পর্যায় সূত্রটি লেখ।

৫। (ক) ক্লোরাইড আয়নের শনাক্তকারী পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ। ৩
(খ) ভর ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। ২

**আবা,** (ক) ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতার মধ্যে পার্থক্য লেখ।
(খ) পোলারন কী?

৬। (ক) বিক্রিয়ার হার ও হার ধ্রুবক এর পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলতে কী বুঝ? ২

**অথবা,** (ক) বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।
(খ) সমীকরণদ্বয় পূর্ণ কর ঃ *(i)* $CuSO_4 + KI \rightarrow$ *(ii)* $Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow$

৭। (ক) $CO_3^{2-}$ একটি তীব্র অনুবন্ধী ক্ষার—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) পরম শূন্য উষ্ণতা কী? ২

**অথবা,** (ক) $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লীয়—ব্যাখ্যা কর।
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* বোরাক্স; *(ii)* বক্সাইট।

৮। (ক) $CO_2$ গ্যাস কিন্তু $SiO_2$ কঠিন—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) PbO উভধর্মী—ব্যাখ্যা কর। ২

**অথবা,** (ক) $AlCl_3$ ডাইমার গঠন করে—ব্যাখ্যা দাও।
(খ) ল্যাটিস শক্তি কী?

৯। (ক) $NCl_5$ এর অস্তিত্ব নেই কিন্তু $PCl_5$ এর অস্তিত্ব আছে—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) বরফ পানিতে ভাসে কেন? ২

**অথবা,** (ক) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় কেন?
(খ) নির্দেশক কী? উদাহরণ দাও।

http://pdfcorner.com

## রাজশাহী বোর্ড–২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ লেখ। ৪
(খ) বাস্তব গ্যাস কী? বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণসমূহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? এদের তাৎপর্য বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) প্রমাণ অবস্থায় 10 ml অ্যামোনিয়া গ্যাসের ভর হিসাব কর। ৩

অথবা, (ক) আংশিক চাপ কাকে বলে? ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) ইলেকট্রনবিন্যাস কর ঃ *(i)* Cr(24); *(ii)* $Fe^{3+}$(26); *(iii)* Cu(29); *(iv)* $Cl^-$(17).
(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় $O_2$ অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় কর। ৩

২। (ক) আয়নিক বন্ধন কাকে বলে? এ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয় তা উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ৪
(খ) রাউল্টের বাষ্পচাপ অবনমন সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪
(গ) জারণ–বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) 12.5 gm চুনাপাথর ও HCl এর বিক্রিয়ার ফলে 37°C তাপমাত্রায় ও 750 mm(Hg) চাপে 2.53L $CO_2$ উৎপন্ন হয়। চুনাপাথরে $CaCO_3$ এর পরিমাণ কত? ৪

অথবা, (ক) সাম্যধ্রুবক বলতে কী বুঝ? সাম্যধ্রুবক $K_p$ ও $K_c$ এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ১+৩=৪
(খ) বাফার দ্রবণ কী? উদাহরণসহ অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র লেখ ও ব্যাখ্যা কর। এ সূত্র থেকে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা কর। ৪
(ঘ) কপার সালফেট দ্রবণে এক ঘণ্টা সময় ধরে 5.0 A বিদ্যুৎ চালনা করলে তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার জমা হবে? [Cu = 63.5] ৩

৩। (ক) বিক্রিয়ার ক্রম কী? দেখাও যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না। ১+৩=৪
(খ) তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালীতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা হতে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন বর্ণনা কর। ৪
(গ) $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$, কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে কি? $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$ এবং $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ তড়িৎদ্বারদ্বয়ের বিজারণ বিভব যথাক্রমে –0.7 V এবং +0.34 V.
(ঘ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক $2 \times 10^{-3} s^{-1}$, বিক্রিয়াটির অর্ধায়ুকাল গণনা কর। ৩

অথবা, (ক) সক্রিয়ন শক্তি বলতে কী বুঝ? বিক্রিয়ার হারের সাথে সক্রিয়ন শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪
(খ) শুষ্ক কোষ কাকে বলে? একটি শুষ্ক কোষের গঠন ও কার্যাবলি বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(গ) নিষ্ক্রিয় গ্যাস কী? নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলোর নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(ঘ) 50 $cm^3$ 0.6(M) $H_2SO_4$ দ্রবণের মিশ্রণকে পূর্ণভাবে প্রশমিত করতে কত $cm^3$ 0.3(M) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন? ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) SI এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক $R$ এর মান নির্ণয় কর। ৩
(খ) গ্যাসের গতীয় সমীকরণ হতে চার্লস সূত্র প্রতিপাদন কর। ২

অথবা, (ক) $BeCl_2$ অণুর গঠন সরলরৈখিক—ব্যাখ্যা কর।
(খ) 0.05(M) KOH দ্রবণের pH হিসাব কর।

৫। (ক) নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়ার তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) দ্রবণে $Na^+$ আয়ন কীভাবে শনাক্ত করবে? ২

অথবা, (ক) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ কী? $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা কত?
(খ) নিয়নের দুটি ব্যবহার লেখ।

৬। (ক) $CO_2$ গ্যাস অথচ $SiO_2$ কঠিন—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) জুল–থমসন প্রভাব কী? ২

অথবা, (ক) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি অপেক্ষা কম—ব্যাখ্যা কর।
(খ) $H_3PO_4$ ও $HNO_3$ এসিডদ্বয়ের মধ্যে কোনটি বেশি শক্তিশালী এবং কেন?

৭। (ক) নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা বেশি—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) $KMnO_4$ এ Mn এর এবং $K_2Cr_2O_7$ এ Cr এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

অথবা, (ক) পটাশিয়ামের 19তম ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে না গিয়ে 4s অরবিটালে যায় কেন?
(খ) তড়িৎ রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল বলতে কী বুঝ?

৮। (ক) আইসোটোপ ও আইসোবার এর সংজ্ঞা ও উদাহরণ দাও। ৩
(খ) লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? সমীকরণসহ লেখ। ২

অথবা, (ক) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী কেন?

৯। (ক) গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী কিন্তু ডায়মন্ড বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সোডিয়ামকে ক্ষার ধাতু বলা হয় কেন? ২

অথবা, (ক) এনজাইম কী? ইহা কীভাবে কাজ করে?
(খ) ছদ্ম এক–আণবিক বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও।

http://pdfcorner.com

## যশোর বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ $PV = nRT$ সমীকরণটি উপপাদন কর। ৪
(খ) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান গ্রুপ IA এবং VIIA উভয়ই স্থানে হতে পারে, যুক্তিসহকারে এর যথার্থতা আলোচনা কর। ৪
(গ) পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বোর মতবাদ এর স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) 5 gm $KClO_3$ সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হলে প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে কত mL অক্সিজেন পাওয়া যাবে? [K = 39, Cl = 35.5] ৩

অথবা, (ক) আউফবাউ নীতি কী? এ নীতির আলোকে পরমাণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস উদাহরণসহ আলোচনা কর। ৪
(খ) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন বলতে কী বুঝ? $NH_4^+$ এর বন্ধন ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। ৪
(ঘ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল ৫০ সেকেন্ড হলে বিক্রিয়াটির ৭৫% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? ৩

২। (ক) বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্রটি লেখ। এ সূত্রের সীমাবদ্ধতা লেখ। ২+২=৪
(খ) এনথালপি কী? দেখাও যে, স্থিরচাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান। ১+৩=৪
(গ) লঘু HCl যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সাথে KI এর বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। ৪
(ঘ) 0.1 M ইথানোয়িক এসিডের দ্রবণের pH গণনা কর। [pKa = 4.74] ৩

অথবা, (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা হতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর। ৪
(খ) একক কোষ কী? NaCl এর কেলাস গঠন ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) নিউক্লীয় বিক্রিয়া কী? নিউক্লীয় বিক্রিয়া এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লেখ। ১+৩=৪
(ঘ) তুঁতের জলীয় দ্রবণে 0.5mA মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ 10 মিনিট ধরে চালনা করলে কী পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে? ৩

৩। (ক) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? $2A \rightarrow$ উৎপাদ, এরূপ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের রাশিমালা উপপাদন কর। ১+৩=৪
(খ) আরহেনিয়াস সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লিখ এবং গাণিতিক সমীকরণ উপপাদন কর। ৪
(ঘ) 30 $cm^3$ HCl দ্রবণে 20 $cm^3$ 0.5M $Na_2CO_3$ দ্রবণ যোগ করা হল। এসিড দ্রবণকে প্রশমিত করতে আরও 20 $cm^3$ 0.1M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়, এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? ৩

অথবা, (ক) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের চারটি বৈশিষ্ট্য লেখ। আদর্শ তরল দ্রবণের আচরণ হতে ধনাত্মক বিচ্যুতির কারণ কী? লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪
(খ) নির্দেশক কী? অম্ল–ক্ষারক টাইট্রেশনে নির্দেশক কীরূপে বর্ণ পরিবর্তন করে? ১+৩=৪
(গ) সিগমা ও পাই বন্ধন বলতে কী বুঝ? এদের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২+২=৪
(ঘ) 17°C তাপমাত্রা এবং 99.99 kPa চাপে 0.058 $m^3$ $H_2$ গ্যাসকে পানির উপরে সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এর আয়তন কত হবে? [দেওয়া আছে 17°C তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পের চাপ 3.25 kPa] ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) ক্যাথরেট যৌগ কী? উদাহরণ দাও। ২

অথবা, (ক) নিম্নলিখিত নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সমীকরণগুলো পূরণ কর ঃ
(i) ${}^{14}_{7}N + ? \rightarrow ? + {}^{11}_{6}C + {}^{4}_{2}He$ (ii) ${}^{16}_{8}O + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{1}_{1}H$ (iii) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + ?$ ৩
(খ) $Al_2O_3$ একটি উভয়ধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর।

৫। (ক) $HNO_3$ এবং $H_3PO_4$ এর মধ্যে কোনটি শক্তিশালী এসিড এবং কেন? ৩
(খ) নিম্নোক্ত যৌগগুলোর কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ মান নির্ণয় কর ঃ $Na_2S_4O_6$, $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. ২

অথবা, (ক) অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ বিভব হতে নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ বিভবের মান বেশি কেন?
(খ) নিম্নোক্ত অণুর আণবিক গঠন অঙ্কন কর ঃ $XeF_2$, $XeF_4$.

৬। (ক) S এবং P ব্লক মৌল বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) কক্ষ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাসীয়—ব্যাখ্যা কর। ২

অথবা, (ক) কোষের লবণ সেতু বলতে কী বুঝ? এর ভূমিকা কী?
(খ) $HCO_3^-$ আয়ন অম্ল–ক্ষারক উভয়রূপে আচরণ করে—দেখাও।

৭। (ক) পরমাণুর ৪র্থ শক্তিস্তর l ও m এর মান হিসাব করে মোট ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
(খ) ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল—ব্যাখ্যা কর। ২

অথবা, (ক) সোডিয়ামের তিনটি আকরিকের নাম ও সংকেত লেখ।
(খ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

৮। (ক) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) দেখাও যে, $Fe^{2+}$ আয়ন জারক ও বিজারক উভয়রূপে আচরণ করে। ২

অথবা, (ক) নিম্নোক্ত মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও ঃ *(i)* Cu(29); *(ii)* $Fe^{2+}$(26); *(iii)* Cr(24).
(খ) বরফ পানিতে ভাসে কেন?

৯। (ক) দ্রবণে কীরূপে $Al^{3+}$ আয়ন শনাক্তকরণ করা হয়? ৩
(খ) কপার ধাতুর পাত্রে $MgSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? [যদি Ered; $Cu^{2+}/Cu$ = + 0.34V; $Mg^{2+}/Mg$ = – 2.3V]. ২

অথবা, (ক) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন?
(খ) $CaCl_2$ এবং $MgCl_2$ এর মধ্যে কোনটি অধিক সমযোজী এবং কেন?

http://pdfcorner.com

## চট্টগ্রাম বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ-রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতীয় তত্ত্বের চারটি স্বীকার্য লেখ। ৪
(খ) শৃন্যক্রম বিক্রিয়া কী? এর বেগ ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ২+২=৪
(গ) পানির আয়নিক গুণফল কী? পানি নিরপেক্ষ কেন? ৪
(ঘ) স্থির তাপমাত্রায় এবং 1 atm চাপে 250 mL নাইট্রোজেন এবং 600 mm চাপে 500 mL অক্সিজেন এক লিটার ফ্লাস্কে ভর্তি করা হল। ঐ গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত? ৩

অথবা, (ক) গ্যাসের গতীয় তত্ত্বের সমীকরণ হতে *(i)* বয়েলের সূত্র *(ii)* গ্রাহামের সূত্র প্রতিপাদন কর। ২+২=৪
(খ) EMF কী? ধাতুর ক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(ঘ) $CS_2$, সালফার ও কার্বনের দহন তাপ যথাক্রমে –1060.4 kJ, –298.1 kJ এবং – 404.3 kJ, $CS_2$ এর সংগঠন তাপ নির্ণয় কর। ৩

২। (ক) মোলার গ্যাস ধ্রুবক কী? এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) সোডা অ্যাশ প্রস্তুতির মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৪
(গ) উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট সমস্ফুটন মিশ্রণের বাষ্পচাপ-সংযুক্তি লেখচিত্র ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) লঘু $H_2SO_4$ দ্রবণে এক টুকরা লোহার তার দ্রবীভূত করার পর প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.03M $KMnO_4$ দ্রবণের 45.02 $cm^3$ প্রয়োজন হয়। লোহার তারটির ওজন কত? ৩

অথবা, (ক) NaCl কেলাস চিত্র অঙ্কন করে এর ব্যাখ্যা দাও। ৪
(খ) এসিড-ক্ষারের প্রোটনীয় মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) অরবিটাল সংকরণ কী? $sp^3$ সংকরণের ব্যাখ্যা দাও। ৪
(ঘ) 30°C তাপমাত্রায় 1.5 atm চাপে 15.6% $PCl_5$ বিয়োজিত হয়। $K_p$ এর মান নির্ণয় কর। ৩

৩। (ক) জারণ-বিজারণ যুগপৎ ঘটনা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) অর্ধজীবন কী? প্রমাণ কর, $t_{\frac{1}{2}} \alpha \frac{1}{a}$. ১+৩=৪
(গ) উদাহরণসহ হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) 25°C তাপমাত্রায় এক অণু $CO_2$ এর গড় গতিশক্তি হিসাব কর। ৩

অথবা, (ক) ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলের শ্রেণীবিন্যাস বর্ণনা কর। ৪
(খ) $K_p$ এবং $K_c$ এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ৪
(গ) শুষ্ক কোষ কী? এর গঠন বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) চুনাপাথরের একটি নমুনায় 96% $CaCO_3$ আছে। লঘু HCl এ 150g চুনাপাথর দ্রবীভূত করে STP তে কত মিলিলিটার $CO_2$ পাওয়া যাবে? ৩

### খ বিভাগ-সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) pH কী? 0.05M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ৩
(খ) $(H_2O)_n$ অণুতে কী কী বন্ধন বিদ্যমান? ২

অথবা, (ক) $H_2O$ একটি উভধর্মী পদার্থ—ব্যাখ্যা কর।
(খ) S এবং P অরবিটালের চিত্র অঙ্কন কর।

৫। (ক) $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় কিন্তু $CCl_4$ হয় না কেন? ৩
(খ) $XeF_4$ এবং $XeF_6$ এর জ্যামিতিক গঠন চিত্র অঙ্কন কর। ২

অথবা, (ক) 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেনের RMS নির্ণয় কর।
(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন?

৬। (ক) $Zn/Zn^{++} \parallel H_2SO_4/H_2$, pt কোষের কোষ বিক্রিয়া লেখ। ৩
(খ) ${}^{14}_{6}C$, ${}^{16}_{8}O$ পরস্পর আইসোটোন কেন? দেখাও। ২

অথবা, (ক) $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + FeSO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$ সমীকরণের আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা আনয়ন কর।
(খ) পরম শূন্য তাপমাত্রা বলতে কী বুঝ?

৭। (ক) কোন শর্তে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া প্রথম ক্রমে পরিণত হয়? ৩
(খ) ইলেকট্রনবিন্যাস লেখ $Cr_{(24)}$, $Fe^{3+}{}_{(26)}$. ২

অথবা, (ক) Ni এবং Ar এর পর্যায় সারণিতে অবস্থান কারণসহ লেখ।
(খ) STP এবং SATP কী?

৮। (ক) বেরিলিয়ামের আয়নিকরণ শক্তি বোরন অপেক্ষা বেশি কেন? ৩
(খ) নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ব্যবহারের অসুবিধা কী কী? ২

অথবা, (ক) একটি ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর।
(খ) NTP তে 1mL $CO_2$ এর অণুসংখ্যা নির্ণয় কর।

৯। (ক) আদর্শ তরল-তরল দ্রবণের বাষ্পচাপ সংযুক্তি লেখচিত্র বর্ণনা কর। ৩
(খ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে দুটি পার্থক্য লেখ। ২

অথবা, (ক) Cu এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.000329g বলতে কী বুঝ?
(খ) বাফার দ্রবণ কী? উদাহরণ দাও।

http://pdfcorner.com

## বরিশাল বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাস সূত্রসমূহ থেকে PV = nRT সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) বোর পরমাণু মডেলটি বর্ণনা কর। ৪
(গ) পর্যায় সারণিতে VII A শ্রেণীতে হাইড্রোজেনকে স্থান দেওয়ার পক্ষে যুক্তিগুলো লেখ। ৩
(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় 2 বায়ুচাপে কঠিন বস্তুসহ একটি গ্যাসের আয়তন 100 mL. চাপ ও তাপমাত্রা দ্বিগুণ করায় কঠিন বস্তুসহ গ্যাসটির আয়তন 60 mL হলে কঠিন বস্তুর আয়তন কত? ৪

**অথবা,** (ক) আংশিক চাপ কাকে বলে? ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রটি লেখ এবং গাণিতিক রূপ প্রতিষ্ঠিত কর। ১+৩=৪
(খ) নিম্নের অরবিটালগুলোর মধ্যে কোনটি সম্ভব ও সম্ভব নয় কারণসহ লেখ ঃ 1p, 2d, 3s. ৩
(গ) টীকা লেখ ঃ *(i)* প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। *(ii)* জুল-থমসন প্রভাব। ২+২=৪
(ঘ) 25mL HCl এসিড দ্রবণের মধ্যে 20mL 0.1M $Na_2CO_3$ দ্রবণ যোগ করলে এসিড দ্রবণটি আংশিক প্রশমিত হয়। সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য আরও 10 mL 0.15 M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হলে HCl দ্রবণের মোলারিটি কত? ৪

২। (ক) n মোল বাস্তব গ্যাসের জন্য ভ্যান্ডার ওয়ালস সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৪
(গ) S.I এককে 'R' এর মান গণনা কর। ৩
(ঘ) জারণ সংখ্যা কী? জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে পার্থক্য লেখ। ১+৩=৪

**অথবা,** (ক) প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি বর্ণনা কর। ৪
(খ) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্রাবলি বর্ণনা কর। ৪
(গ) 'l' ও 'm' এর মান হিসাব করে কোনো পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরের অরবিটাল সংখ্যা হিসাব কর। ৪
(ঘ) 25°C তাপমাত্রায় $O_2$ অণুর RMS গতিবেগ হিসাব কর। ৩

৩। (ক) অরবিটালের সংকরণ কাকে বলে? $sp^3$ সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ৪
(গ) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও পানির সংগঠন এনথালপির মান যথাক্রমে – 393.1 $kJmol^{-1}$ ও –286.0 $kJmol^{-1}$ এবং বেনজিনের দহন তাপ –3266 $kJmol^{-1}$ হলে বেনজিনের সংগঠন এনথালপি নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) উদাহরণসহ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা কর। ৩

**অথবা,** (ক) ভরক্রিয়া সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক রূপ প্রতিষ্ঠিত কর। ৪
(খ) আদর্শ দ্রবণের চারটি বৈশিষ্ট্য লেখ। সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? ৪
(গ) অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রটি প্রতিপাদন কর। লবণ সেতু কী? ৩+১=৪
(ঘ) 1% NaOH দ্রবণের pH গণনা কর। ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) নিউক্লিয়ার ফিশন ও নিউক্লিয়ার ফিউশনের মধ্যে পার্থক্য কী? ৩
(খ) $Fe^{3+}$(26) ও Cr(24) এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২

**অথবা,** (ক) দ্রবণে $Al^{3+}$ এর শনাক্তকারী পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ।
(খ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

৫। (ক) ব্রাইন থেকে সোডাঅ্যাশ প্রস্তুতির মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৩
(খ) AgCl পানিতে অদ্রবণীয় কিন্তু AgF পানিতে দ্রবণীয় কেন? ২

**অথবা,** (ক) ব্যাখ্যা কর ঃ F সর্বাধিক তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল।
(খ) সমতাপীয় রেখা কী?

৬। (ক) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) 2g কার্বনে কতটি কার্বন পরমাণু আছে? ২

**অথবা,** (ক) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl এসিড ব্যবহৃত হয় কেন?
(খ) কোষের e.m.f বলতে কী বুঝ?

৭। (ক) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার 30% সম্পন্ন হতে 40 মিনিট সময় লাগে। বিক্রিয়াটির 80% সম্পন্ন হওয়ার সময় গণনা কর। ৩
(খ) He ও Ne এর দুইটি করে ব্যবহার লেখ। ২

**অথবা,** (ক) বক্সাইট বিশোধনের একটি পদ্ধতি আলোচনা কর।
(খ) লিথিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে, সমীকরণসহ লেখ।

৮। (ক) নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি কেন? ৩
(খ) তাপ উৎপাদী বিক্রিয়া কাকে বলে? উদাহরণ দাও। ২

**অথবা,** (ক) গ্রাফাইট বিদ্যুৎ সুপরিবাহী কিন্তু হীরক বিদ্যুৎ পরিবাহী না কেন?
(খ) pH কাকে বলে?

৯। (ক) নিম্নলিখিত যৌগ ও মূলকের রেখাঙ্কিত মৌলের জারণ মান গণনা কর ঃ ৩
*(i)* $KMnO_4$, *(ii)* $[Cu(NH_3)_4]SO_4$, *(iii)* $S_4O_6^{2-}$.
(খ) S.T.P এবং S.A.T.P কী? ২

**অথবা,** (ক) আউফবাউ নীতি কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) $HNO_3$ এবং $H_2SO_4$ এর মধ্যে কোনটি অধিকতর সবল এসিড এবং কেন?

http://pdfcorner.com

## সিলেট বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪
(খ) তেজস্ক্রিয়তা কী? নিউক্লিয়ার ফিউশান বিক্রিয়াটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কাকে বলে? এর হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৪
(ঘ) STP তে $CO_2$ গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গ বেগ হিসাব কর। ৩

অথবা, (ক) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র হতে গ্যাসের ব্যাপন হারের সাথে আণবিক ভরের সম্পর্ক নির্ণয় কর।
(খ) বাফার দ্রবণের pH গণনা সম্পর্কিত হেন্ডারসন সমীকরণটি উপপাদন কর।
(গ) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রদ্বয় বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) একটি যৌগের বিশ্লেষণ করে C = 54.54%, H = 9.09% অবশিষ্ট অক্সিজেন পাওয়া গেল। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 44 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

২। (ক) ভর ক্রিয়া সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪
(খ) আয়নিক বন্ধন কী? উদাহরণসহ লেখ। ৪
(গ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কাকে বলে? উভমুখী বিক্রিয়া কী? ৪
(ঘ) 298 K তাপমাত্রার সাম্যাবস্থায় $N_2O_4$ এর বিয়োজনের মিশ্রণে $N_2O_4$ এর আংশিক চাপ 0.8 atm এবং বিক্রিয়াটির Kp = 0.08 atm. বিক্রিয়াটির Kc এবং $NO_2$ এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। ৩

অথবা, (ক) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? নিম্নের বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা কর ঃ
$N_2 + 3H_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3 + 92.38\ kJmol^{-1}$.
(খ) হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(গ) পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তর l ও m এর মান হিসাব করে মোট অরবিটাল এবং ইলেকট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর।
(ঘ) অ্যাসিটিক এসিড, কার্বন ও হাইড্রোজেনের প্রমাণ দহন তাপ যথাক্রমে $-871.5\ kJmol^{-1}$, $-393.5\ kJmol^{-1}$ এবং $-285.85\ kJmol^{-1}$ হলে, অ্যাসিটিক এসিডের গঠন তাপ নির্ণয় কর।

৩। (ক) সমযোজী বন্ধনের তড়িৎযোজী বৈশিষ্ট্য ও তড়িৎযোজী বন্ধনের সমযোজী বৈশিষ্ট্য লেখ। ৪
(খ) ইলেকট্রন বিন্যাসের আলোকে মৌলের শ্রেণীবিন্যাস আলোচনা কর। ৪
(গ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কাকে বলে? পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনের পূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন কেন? ৪
(ঘ) 0.05 M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ৩

অথবা, (ক) জারণ সংখ্যা কী? আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের সমীকরণের সমতা বিধান কর ঃ
$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$.
(খ) অরবিটালগুলোর সম্ভাব্যতা কারণসহ যাচাই কর ঃ 1p; 2f; 6s; 5d.
(গ) ক্ষার ধাতু কী? দ্রবণে $Al^{3+}$ এর উপস্থিতি কীভাবে শনাক্ত করবে?
(ঘ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল 50 সেকেন্ড হলে বিক্রিয়াটির 75% সম্পূর্ণ হতে কত সময় প্রয়োজন?

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) উদাহরণসহ $sp^2$ সংকরণ বর্ণনা কর। ৩
(খ) $K_p$ বলতে কী বুঝ? ২

অথবা, (ক) প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? উদাহরণ দাও।
(খ) Na কে বায়ুতে বা পানিতে রাখা যায় না কেন?

৫। (ক) ইলেকট্রন আসক্তি কী? এটি পর্যায় সারণির কোন পর্যায়ে কীভাবে পরিবর্তিত হয়? ৩
(খ) $NH_3$ তে H-N-H বন্ধন কোণ 107° হয় কেন? ২

অথবা, (ক) হুন্ডের নীতিটি লেখ। হুন্ডের নীতির আলোকে নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।
(খ) $Zn(s) \mid ZnSO_4(aq) \parallel CuSO_4(aq) \mid Cu(s)$ কোষ বিক্রিয়া লেখ।

৬। (ক) কক্ষ তাপমাত্রায় "$CO_2$ গ্যাসীয় কিন্তু $SiO_2$ কঠিন"—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) নিয়নের দুটি ব্যবহার লেখ। ২

অথবা, (ক) সংজ্ঞা দাও ঃ *(i)* সক্রিয়ন শক্তি; *(ii)* প্রভাবক বিষ।
(খ) 500 mL ডেসিমোলার দ্রবণে দ্রবীভূত $H_2SO_4$ এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

৭। (ক) PbO একটি উভধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* রক সল্ট; *(ii)* বোরাক্স। ২

অথবা, (ক) জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।
(খ) ইলেকট্রোপ্লেটিং কী?

৮। (ক) আধুনিক পর্যায় সারণির তিনটি ত্রুটি লেখ। ৩
(খ) $HNO_3$ এবং $H_2SO_4$ এর মধ্যে কোনটি তীব্রতর এসিড এবং কেন? ২

অথবা, (ক) আফবাউ নীতি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) S.T.P ও S.A.T.P বলতে কী বুঝ?

৯। (ক) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কাকে বলে? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ মান হিসাব কর ঃ *(i)* $KMnO_4$; *(ii)* $Na_2S_2O_3$. ২

অথবা, (ক) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—ব্যাখ্যা কর।
(খ) লেড নাইট্রেটকে তাপ দিলে কী ঘটে সমীকরণসহ লেখ।

http://pdfcorner.com

## দিনাজপুর বোর্ড-২০১২

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতীয় তত্ত্বের প্রধান প্রধান স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪
(খ) এসিড ও ক্ষারের প্রোটনীয় মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) তড়িৎ ঋণাত্মকতা কী? পর্যায় ও গ্রুপে এটি কীভাবে পরিবর্তিত হয়? ৪
(ঘ) 30°C তাপমাত্রায় 95 kPa চাপে 250 ml গ্যাসের ভর 0.2 g. ঐ গ্যাসের আণবিক ভর কত? ৩

অথবা, (ক) আদর্শ গ্যাস কী? আদর্শ গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ১+৩=৪
(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? রেকটিফাইড স্পিরিট হতে এর উপাদানসমূহ আংশিক পাতন দ্বারা পৃথক করা যায় না কেন? ১+৩=৪
(গ) পর্যায় সারণিতে একটি মৌল একটি স্থান দখল করে কেন? ৪
(ঘ) চুনাপাথরে 95% $CaCO_3$ আছে। লঘু HCl এ 160g চুনাপাথর দ্রবীভূত করলে NTP তে কত লিটার $CO_2$ পাওয়া যাবে? ৩

২। (ক) শুষ্ক কোষ কী? এর কোষ সংকেত, কোষ বিক্রিয়া গঠনসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(খ) বাষ্প চাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র বিবৃত কর এবং গাণিতিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(গ) "পরমাণুতে পজেটিভ নিউক্লিয়াস আছে"—কে, কীভাবে প্রমাণ করেন? ৪
(ঘ) যদি $AgNO_3$ দ্রবণে 50 min যাবৎ 0.2 Amp বিদ্যুৎ চালনা করা হয়, তবে এতে ক্যাথোডে কী পরিমাণ Ag জমা হবে? ৩

অথবা, (ক) হেসে'র সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ হতে বিচ্যুতির কারণ কী? ৪
(গ) আফবাউ নীতি কী? K এর শেষ ইলেকট্রন 3d তে না গিয়ে 4s এ যায় কেন? ৪
(ঘ) 10% $Na_2CO_3$ এর ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। ৩

৩। (ক) $A \rightarrow$ উৎপাদ, বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৪
(খ) সোডা অ্যাশ কী? এর প্রস্তুতির মূলনীতি ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র বিবৃত কর এবং গাণিতিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(ঘ) 6 mole অক্সিজেন, 14 mole নাইট্রোজেন মিশ্রণের মোট চাপ 200 mm। অক্সিজেনের আংশিক চাপ কত? ৩

অথবা, (ক) $K_p$ এবং $K_c$ কী? এদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ৪
(খ) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা থেকে Al নিষ্কাশন বর্ণনা কর। ৪
(গ) ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলের শ্রেণীবিভাগ ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার 40% সম্পন্ন হতে 60 min সময় লাগে। 60% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) $NH_4Cl$ অণুতে কী কী বন্ধন বিদ্যমান? কারণ দর্শাও। ৩
(খ) STP এবং SATP বলতে কী বুঝ? ২

অথবা, (ক) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রমাণ কর, $t_{\frac{1}{2}} \propto \frac{1}{a}$।
(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন?

৫। (ক) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য কী? ৩
(খ) Cr এবং $Fe^{2+}$ এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২

অথবা, (ক) HCl এবং NaOH এর প্রশমন তাপ ধ্রুবক কেন?
(খ) $HNO_3$ এবং $H_3PO_4$ এর মধ্যে কোনটি অধিক সক্রিয় এবং কেন?

৬। (ক) জুল-থমসন প্রভাব কী ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) Cu এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.000329 g কুলম্ব$^{-1}$ বলতে কী বুঝ? ২

অথবা, (ক) লিটার বায়ুমণ্ডল চাপ এককে R এর মান নির্ণয় কর।
(খ) একক কোষ কী?

৭। (ক) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কাকে বলে? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) কর্ণ সম্পর্ক কী? ২

অথবা, (ক) আদর্শ গ্যাসের তিনটি বৈশিষ্ট্য লেখ।
(খ) জারণসংখ্যা কী? $K_4[Fe(CN)_6]$ যৌগে Fe এর জারণসংখ্যা কত?

৮। (ক) $Zn/Zn^{++} \mid H_2SO_4/H_2$, Pt কোষের কোষ বিক্রিয়া দেখাও। ৩
(খ) বরফ পানিতে ভাসে কেন? ২

অথবা, (ক) $SiCl_4$ পানিতে দ্রবীভূত হয় কিন্তু $CCl_4$ হয় না কেন?
(খ) pH মিটার কী? এর কোষ সংকেত লেখ।

৯। (ক) সক্রিয়ন শক্তি কী? স্থৈতিক শক্তি বনাম বিক্রিয়া অক্ষ গ্রাফ অঙ্কন করে কোনটি তাপোৎপাদী ও কোনটি তাপহারী বিক্রিয়া দেখাও। ১+২=৩
(খ) বোরনের চেয়ে বেরিলিয়ামের আয়নীকরণ শক্তি বেশি কেন? ২

অথবা, (ক) দ্রবণে $Al^{3+}$ আয়ন কীরূপে শনাক্ত করা হয়? ৩
(খ) $H_2SO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.05 M। এর pH কত? ২

http://pdfcorner.com

# বিভিন্ন বোর্ডের প্রশ্নপত্র

## রসায়ন (তত্ত্বীয়)— প্রথম পত্র

সময়– ৩ ঘণ্টা; পূর্ণমান– ৭৫

[ দ্রষ্টব্য ঃ ডান পাশে উল্লেখিত সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। ]

### ঢাকা বোর্ড–২০১১

**ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন** — নম্বর

১। (ক) আংশিক চাপ কী? ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি লেখ এবং এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ১+৪=৫
(খ) যোজনী ও জারণ সংখ্যার মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩
(গ) পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তরে l ও m এর মান হিসাব করে মোট অরবিটাল সংখ্যা দেখাও। ৩
(ঘ) 1.5g লোহার আকরিককে $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে 100 ml করা হল। এই দ্রবণ থেকে 25 ml নিয়ে টাইট্রেশন করতে 0.02M 22.5ml $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হল। আকরিকে লোহার শতকরা পরিমাণ কত? ৪

অথবা, (ক) বোর পরমাণু মডেলের স্বীকার্যগুলো লেখ এবং ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(গ) এনথালপি কী? দেখাও যে, স্থিরচাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপি পরিবর্তনের সমান। ১+৩=৪
(ঘ) 25°C তাপমাত্রায় ও 2 atm চাপে $PCl_5$ 80% বিয়োজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ উৎপন্ন করে। $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ ও Kp নির্ণয় কর। ৪

২। (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন দ্রবণ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালীতে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ আলোচনা কর। ১+৪=৫
(খ) ইলেকট্রন আসক্তি কী? ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন? ১+২=৩
(গ) আধুনিক পর্যায়সূত্রের তিনটি ত্রুটি লেখ। ৩
(ঘ) অ্যাসিটিক এসিড, কার্বন এবং হাইড্রোজেনের প্রমাণ দহন তাপ যথাক্রমে $-871.5\ kJmol^{-1}$, $-393.5\ kJmol^{-1}$ এবং $-285.85\ kJmol^{-1}$ হলে অ্যাসিটিক এসিডের গঠন তাপ গণনা কর। ৪

অথবা, (ক) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) প্রশমন তাপ কী? "তীব্র এসিড এবং তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান ধ্রুবক"—ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) Kp এবং Kc বলতে কী বুঝ? Kc এবং Kp এর মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর। ২+২=৪
(ঘ) 0.1M ইথানোয়িক এসিডের pH গণনা কর। [pKa = 4.744] ৩

৩। (ক) ল্যা–শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? এ নীতির আলোকে নিম্নের বিক্রিয়াটির উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব আলোচনা কর ঃ
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)\ \Delta H = -197\ kJ.$ ১+৩=৪
(খ) পানির আয়নিক গুণফল কী? পানির আয়নিক গুণফল থেকে কীভাবে pH স্কেল প্রতিষ্ঠিত হয় ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) একটি যৌগে 26.7% কার্বন এবং 2.24% হাইড্রোজেন আছে। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। ৩
(ঘ) গ্যাসের গতীয় সমীকরণের সাহায্যে কীভাবে নিম্নোক্ত সূত্রগুলো উপপাদন করা যায়?
(i) গ্রাহামের সূত্র; (ii) চার্লসের সূত্র। ৪

অথবা, (ক) ডেনিয়েল কোষের গঠন, কোষ বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ৪
(খ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা বর্ণনা কর। ৪
(গ) $CuSO_4$ এর দ্রবণে 50min. সময় যাবত 5A বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার জমা হবে? [Cu = 63.5] ৪
(ঘ) বাফার দ্রবণ বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়াকৌশল ব্যাখ্যা কর। ১+২=৩

**খ বিভাগ—সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন**

৪। (ক) নিম্নের বিক্রিয়াগুলো পূর্ণ কর ঃ (i) $^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{4}_{2}He$ ; (ii) $^{234}_{90}Th \rightarrow ? + B$ ; (iii) $AlN + H_2O \xrightarrow{\Delta} ?$ ৩
(খ) প্রভাবক সহায়ক ও প্রভাবক বিষ বলতে কী বুঝ? ২

অথবা, (ক) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ কী? $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা কত?
(খ) কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে সমীকরণসহ লেখ।

৫। (ক) মোল বলতে কী বুঝ? 5g $O_2$-এ কত মোল অক্সিজেন আছে? ৩
(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের বৈশিষ্ট্য লেখ। ২

অথবা, (ক) HCl পোলার যৌগ—ব্যাখ্যা কর।
(খ) STP এবং SATP বলতে কী বুঝ?

৬। (ক) জারণ সংখ্যা কী? নিম্নের যৌগ বা আয়নে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা হিসাব কর ঃ ১+২=৩
(i) $K_4[Fe(CN)_6]$; (ii) $K_2MnO_4$.
(খ) পর্যায় সারণিতে একটি মৌল একটিমাত্র স্থান দখল করে কেন? ২

অথবা, (ক) টীকা লেখ ঃ (i) আইসোবার; (ii) আয়নীকরণ বিভব। ৩
(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় কেন? ২

৭। (ক) দেখাও যে, $H_2O$ একটি অ্যাম্ফিপ্রোটিক যৌগ। ৩
(খ) জারণ বিভব এবং বিজারণ বিভব কী?. ২

http://pdfcorner.com

অথবা, (ক) সক্রিয়ন শক্তি বলতে কী বুঝ? সক্রিয়ন শক্তি বিক্রিয়ার হারের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত? ১+২=৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ (i) ক্রায়োলাইট; (ii) ব্লিচিং পাউডার। ২

৮। (ক) জিঙ্ক বা দস্তার পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? যুক্তি দাও। [দেয়া আছে, $E_{ox}\ Zn/Zn^{2+} = 0.76V$ এবং $Fe/Fe^{2+} = 0.44V$] ৩
(খ) সোডিয়ামকে ক্ষার ধাতু বলা হয় কেন? ২

অথবা, (ক) দেখাও যে, ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না।
(খ) ডেসিমোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ—ব্যাখ্যা কর।

৯। (ক) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না কিন্তু $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় কেন? ৩
(খ) $NH_3$ এবং HCl এর মধ্যে কোনটির ব্যাপন হার বেশি এবং কেন? ২

অথবা, (ক) নির্দেশক কী? এটি কীভাবে বর্ণ পরিবর্তন করে?
(খ) দ্রবণে $Pb^{2+}$ এর উপস্থিতি কিরূপে শনাক্ত করবে?

## কুমিল্লা বোর্ড–২০১১

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের সমন্বয় সূত্রসমূহ ব্যবহার করে $PV = nRT$ সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) একটি ইলেকট্রনের পূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন—ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) টীকা লেখ ঃ (i) আয়নীকরণ বিভব; (ii) আইসোটোন। ২+২=৪
(ঘ) 20°C তাপমাত্রায় এবং 74cm(Hg) চাপে 0.842g একটি গ্যাস 400mL আয়তন দখল করে, গ্যাসটির আণবিক ভর কত? ৩

অথবা, (ক) আংশিক চাপ কাকে বলে? ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) এনথালপি কী? প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপির পরিবর্তনের সমান। ৪
(গ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল 50 সেকেন্ড হলে বিক্রিয়াটির 75% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? ৪
(ঘ) সিগমা ও পাই বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন—ব্যাখ্যা কর। ৩

২। (ক) সমযোজী যৌগের তড়িৎযোজী ও তড়িৎযোজী যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কাকে বলে? উভমুখী বিক্রিয়া কী? ৪
(গ) সোডা অ্যাশ শিল্পোৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৪
(ঘ) 15 mol $H_2$ এবং 5.2 mol $I_2$ এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে 10.0 mol HI উৎপন্ন হয়, বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক গণনা কর। ৩

অথবা, (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্ব কী? গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো লেখ।
(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের রাশিমালা প্রতিপাদন কর।
(গ) শর্ত উল্লেখ করে NaOH এর জলীয় দ্রবণের সাথে $Cl_2$ এর বিক্রিয়া বর্ণনা কর।
(ঘ) পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরে l ও m এর মান হিসাব করে কতটি ইলেকট্রন থাকতে পারে দেখাও।

৩। (ক) লা–শ্যাটেলিয়ার নীতি কী? একটি উভমুখী বিক্রিয়ার রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন কাকে বলে? এ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয় উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(গ) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কাকে বলে? ২+২=৪
(ঘ) 60 mL 0.5 M HCl, 40mL 2M HCl এবং 20 mL 1M HCl একত্রে মিশিয়ে পানিযোগে দ্রবণের আয়তন 250mL করা হল, ঐ এসিড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। ৩

অথবা, (ক) অরবিটাল সংকরণ কী? উদাহরণসহ $sp^3$ সংকরণ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ৪
(গ) তড়িৎ–যোজী যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ কী কী? ৪
(ঘ) চুনাপাথরের একটি নমুনায় 95% $CaCO_3$ আছে, লঘু HCl এ 200 g চুনাপাথর দ্রবীভূত করে STP-তে কত মিলিলিটার $CO_2$ পাওয়া যাবে? ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ ব্যবহার করে বয়েলের সূত্র প্রতিপাদন কর। ৩
(খ) $KMnO_4$ একটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ—কেন? ২

অথবা, (ক) আদর্শ দ্রবণ কী? আদর্শ দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
(খ) E.M.F. কী?

৫। (ক) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা Al ধাতু নিষ্কাশন সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ৩
(খ) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোনটি অধিক সমযোজী এবং কেন? ২

অথবা, (ক) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী কেন? ৩
(খ) জারণ সংখ্যা কী? $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নে Cr–এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। ১+১=২

৬। (ক) সকল বিক্রিয়াই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সমীকরণগুলো পূর্ণ কর ঃ (i) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H = \boxed{?}$ (ii) ${}^{14}_{7}N + \boxed{?} = {}^{11}_{6}C + {}^{4}_{2}He$.

অথবা, (ক) কক্ষ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাস কেন?
(খ) আয়োডোমিতিক ও আয়োডিমিতিক টাইট্রেশন বলতে কী বুঝ?

৭। (ক) অরবিট ও অরবিটালের পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) দ্রবণে $Pb^{2+}$ এর শনাক্তকারী বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ২

অথবা, (ক) জারণ–বিজারণ যুগপৎ ঘটে— ব্যাখ্যা কর।
(খ) Cu এর তড়িৎদ্বার বিভব 0.3394V বলতে কী বুঝ?

http://pdfcorner.com

৮। (ক) আদর্শ আচরণ থেকে দ্রবণের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর। ৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ
(i) ক্রায়োলাইট; (ii) জিপসাম। ৩
অথবা, (ক) ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
(খ) অর্ধকোষ বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও।
৯। (ক) আধুনিক পর্যায় সারণির সীমাবদ্ধতাগুলো কী কী? ৩
(খ) মোলার ও মোলাল দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য কী? ২
অথবা, (ক) ব্লিচিং পাউডারের সংকেত লেখ। ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ক্রিয়া বর্ণনা কর।
(খ) SI এককে R এর মান গণনা কর।

## রাজশাহী বোর্ড–২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) আদর্শ গ্যাস কী? গ্যাসের সূত্রসমূহ সমন্বয় করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) পলির বর্জন নীতি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(গ) রাসায়নিক বন্ধন বলতে কী বুঝ? সমযোজী বন্ধন কীভাবে গঠিত হয়, উদাহরণসহ আলোচনা কর। ১+৪=৫
(ঘ) 30° সে. তাপমাত্রায় ও 750mm চাপে 1 মি. লি. গ্যাসে কয়টি অণু আছে? ৩
অথবা, (ক) সমযোজী যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য এবং আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য উদাহরণসহ আলোচনা কর। ২+২=৪
(খ) পরমাণুর ৩য় শক্তিস্তরে l ও m-এর মান হিসাব করে মোট অরবিটাল সংখ্যা দেখাও। ৩
(গ) ইলেকট্রন বিন্যাসের আলোকে মৌলের শ্রেণীবিন্যাস আলোচনা কর। ৫
(ঘ) 200টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 20 mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু বিদ্যমান? ৩
২। (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির মূলনীতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(খ) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান বর্ণনা কর। ৪
(গ) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? ৩
(ঘ) 1.5gm লোহার আকরিককে $H_2SO_4$ এসিডে দ্রবীভূত করে 100ml দ্রবণ তৈরি করা হল। এই দ্রবণ থেকে 25ml নিয়ে টাইট্রেশন করতে 0.02M 22.5 ml $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হল। আকরিকে লোহার পরিমাণ কত? ৪
অথবা, (ক) বোর পরমাণু মডেলের স্বীকার্যসমূহ বর্ণনা কর। ৩
(খ) অরবিটালের সংকরণ কী? $sp^3$ সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কাকে বলে? এর হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(ঘ) 20ml NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10ml 0.1M HCl দ্বারা আংশিকভাবে প্রশমিত করা হল। কিন্তু প্রশমন সম্পূর্ণ করতে 0.15M HCl এর আরও 8ml প্রয়োজন হল। NaOH দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? ৪
৩। (ক) ল্যা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? এ নীতির আলোকে সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ কী? চিত্রসহ ড্যানিয়েল কোষের গঠন এবং কোষ বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(গ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদা গতিশীল— ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) 25°C তাপমাত্রায় ও 2atm চাপে $PCl_5$ 80% বিয়োজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ উৎপন্ন করে। $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ ও Kp নির্ণয় কর। ৪
অথবা, (ক) পানির আয়নিক গুণফল কী? এ থেকে কীভাবে $p^H$ স্কেল প্রতিষ্ঠা করা হয়? ৪
(খ) মোলার দ্রবণ ও মোলাল দ্রবণ বলতে কী বুঝ? এদের মধ্যে কোন্‌টি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয় এবং কেন? ৪
(গ) কার্বন ও সিলিকনের ধর্মের চারটি করে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর। ৪
(ঘ) আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের সমীকরণের সমতা বিধান কর ঃ ৩

$$Cr_2O_7^{2-} + H^+ + Fe^{2+} \longrightarrow Cr^{3+} + Fe^{3+} + H_2O.$$

### খ বিভাগ – সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) সঞ্চরণশীল $\pi$-ইলেকট্রন বলতে কী বুঝ? ২
অথবা, (ক) "ধাতুর ক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া"—ব্যাখ্যা কর।
(খ) S ও P-অরবিটালের চিত্র অঙ্কন কর।
৫। (ক) প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) কোষের লবণ সেতু কী? ২
অথবা, (ক) আধুনিক পর্যায় সারণির তিনটি ত্রুটি লেখ।
(খ) 90gm পানিতে কত মৌল পানি এবং কয়টি পানির অণু আছে?
৬। (ক) $AlCl_3$–এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী কেন? ৩
(খ) $NH_3$ ও HCl এর মধ্যে কোন্‌টির ব্যাপন হার বেশি এবং কেন? ২
অথবা, (ক) "সাধারণ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাস"— কেন?
(খ) PbO–একটি উভধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর।
৭। (ক) বিক্রিয়া ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) প্রভাবক বিষ কী? ২
অথবা, (ক) তেজস্ক্রিয়তা কী? তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের দুটি ব্যবহার লেখ।
(খ) STP এবং SATP বলতে কী বুঝ?
৮। (ক) প্রশমন তাপ কী? তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপের মান স্থির। উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) পর্যায় সারণির কর্ণ–সম্পর্ক কী? ২

http://pdfcorner.com

অথবা, (ক) "$CCl_4$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না কিন্তু $SiCl_4$ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়"—কেন?
(খ) সংকেত লেখ ঃ (i) বোরাক্স; (ii) জিপসাম।
৯। (ক) জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া যুগপৎ ঘটে—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ ঃ (i) $Cr_{(24)}$; (ii) $Fe^{2+}{}_{(26)}$. ২
অথবা, (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? উদাহরণ দাও।
(খ) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের পার্থক্য লেখ।

## যশোর বোর্ড—২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) পরম শূন্য তাপমাত্রা বলতে কী বুঝ? চার্লসের সূত্র থেকে কীভাবে তাপমাত্রার পরম স্কেলের ধারণা পাওয়া যায় লেখ। ১+৩=৪
(খ) রাদার ফোর্ডের পরমাণু মডেল বর্ণনা কর। ৪
(গ) পর্যায় সারণিতে মৌল সজ্জিতকরণের মূল ভিত্তি হল ইলেকট্রন বিন্যাস— ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) প্রমাণ অবস্থায় 10 ml অ্যামোনিয়া গ্যাসের ভর কত? ৩
অথবা, (ক) দেখাও যে, গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদানের আংশিক চাপ ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলের সমান। ৪
(খ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনের পরিপূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন কেন? ১+৩=৪
(গ) তেজস্ক্রিয়তা কী? নিউক্লিয়ার ফিউশান এবং নিউক্লিয়ার ফিশান বিক্রিয়া উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(ঘ) লঘু $H_2SO_4$ মিশ্রিত 15ml আয়তনের 0.3M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25ml আয়তনের $H_2O_2$-এর কোন নমুনাকে জারিত করা যায়? ঐ নমুনায় $H_2O_2$-এর মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
২। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? এটি কীভাবে গঠিত হয়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) আংশিক পাতন বলতে কী বুঝ? আংশিক পাতনের মূলনীতি বর্ণনা কর। ৪
(গ) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? এ নীতির আলোকে নিম্নের বিক্রিয়াটির উপর তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা কর ঃ
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92\ kJmol^{-1}$ ১+৩=৪
(ঘ) মিথেনের দহন তাপ $-890.3\ kJmol^{-1}$ হলে, 1335.45 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কত গ্রাম মিথেন প্রয়োজন হবে? ৩
অথবা, (ক) তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলতে কী বুঝ? একটি পর্যায় ও শ্রেণীতে মৌলসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) অরবিটাল সংকরণ কী? $sp^2$ সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) পানির আয়নিক গুণফল কী? এ থেকে কীভাবে $p^H$ স্কেল প্রতিষ্ঠা করা হয়? ১+৩=৪
(ঘ) $Zn/Zn^{2+}$ এবং $Ag/Ag^+$ তড়িৎদ্বার দুটির জারণ বিভব যথাক্রমে +0.76V এবং −0.799V। তড়িৎ কোষটির মোট বিভব গণনা কর। ৩
৩। (ক) চিত্রসহ ডানিয়েল কোষের গঠন এবং কোষ বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ৪
(খ) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্রদ্বয় বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) আয়ন ইলেক্ট্রন পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণটি সমতা বিধান কর ঃ ৪
$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$
(ঘ) 100ml 0.5M $Na_2CO_3$ দ্রবণ থেকে কত Ml আয়তনের ডেসিমোলার দ্রবণ তৈরি করা সম্ভব হবে? ৩
অথবা, (ক) ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন প্রণালীর মূলনীতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৪
(খ) প্রশমন তাপ কী? তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান ধ্রুবক কেন? ১+৩=৪
(গ) অম্ল ও ক্ষারকের প্রোটনীয় মতবাদ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাসের অণুর বর্গমূল গড়-বর্গ বেগ কত? ৩

### খ বিভাগ—সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) দেখাও যে, একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। ৩
(খ) কেলাসের একক কোষ বলতে কী বুঝ? ২
অথবা, (ক) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$-এর বিক্রিয়ায় $PCl_5$-এর বিয়োজনমাত্রা $\alpha$ হলে Kp এর রাশিমালা উপপাদন কর।
(খ) Na+ সম্ভব কিন্তু $Na^{2+}$ সম্ভব নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।
৫। (ক) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) PbO একটি উভধর্মী অক্সাইড— ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) ইলেকট্রোপ্লেটিং কী? এটি কী উদ্দেশ্যে করা হয়?
(খ) উদাহরণসহ আবিষ্ট প্রভাবকের সংজ্ঞা লেখ।
৬। (ক) $PCl_5$ গঠিত হলেও $NCl_5$ গঠিত হয় না কেন? ৩
(খ) $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন? ২
অথবা, (ক) এক ফ্যারাডে কী? ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র থেকে ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। ১+২=৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ (i) অ্যালুনাইট; (ii) জিপসাম। ২
৭। (ক) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না কিন্তু $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) Al(13) এর গলনাঙ্ক Na(11) এর গলনাঙ্ক থেকে অনেক বেশি— ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) হুন্ডের নিয়ম কী? এ নিয়ম মতে ফসফরাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।
(খ) 2 gm কার্বনে কতটি কার্বন পরমাণু আছে?
৮। (ক) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী— ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) দ্রবণে $Ca^{2+}$ কীভাবে শনাক্ত করবে? ২
অথবা, (ক) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম কেন? ব্যাখ্যা কর।
(খ) সঞ্চরণশীল $\pi$ ইলেকট্রন বলতে কী বুঝ?

http://pdfcorner.com

৯। (ক) দেখাও যে, ধাতুর ক্ষয় একটি তড়িৎ রাসায়নিক প্রক্রিয়া। ৩
(খ) 3f ও 4p অরবিটাল সম্ভব কিনা? কারণসহ ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধিচাপ বলতে কী বুঝ? $CO_2$-এর সন্ধি তাপমাত্রা কত?
(খ) তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের দুটি ব্যবহার লেখ।

## চট্টগ্রাম বোর্ড—২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) আদর্শ গ্যাস কী? আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক নির্ণয় কর। ১+৩=৪
(খ) সমযোজী যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য এবং আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪
(গ) 20mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10mL 0.1M HCl দ্বারা আংশিক প্রশমিত করা হল। কিন্তু প্রশমন সম্পূর্ণ করতে 0.15M HCl এর আরো 8mL প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? ৪
(ঘ) পলির বর্জন নীতি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
অথবা, (ক) বাস্তব গ্যাস কী? বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণসমূহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(খ) রাদারফোর্ডের $\alpha$-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং এ পরীক্ষা থেকে কী কী সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়? ৪
(গ) 30°C তাপমাত্রায় 95 kPa চাপে 250 mL গ্যাসের ভর 0.2g। ঐ গ্যাসের আণবিক ভর কত? ৪
(ঘ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ কী? নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহে নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

২। (ক) ভরক্রিয়া সূত্রটি লেখ। এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ১+৩=৪
(খ) সক্রিয়ন শক্তি কী? বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) এনথালপি কী? প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়ার তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান। ১+৩=৪
(ঘ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 300s কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক-অষ্টমাংশ পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে? ৩
অথবা, (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ১+৩=৪
(খ) নির্দেশক তড়িৎদ্বার কী? প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার গঠন বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(গ) 5 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট থেকে কী পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যাবে? ৪
(ঘ) ক্ষার ধাতুর বৈশিষ্ট্য লেখ। ৩

৩। (ক) বোর মতবাদের স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪
(খ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ (i) লবণ সেতু; (ii) তড়িৎ রাসায়নিক সারি ২+২=৪
(গ) রাউল্টের বাষ্প চাপ অবনমন সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) 0.1 মোল $CH_3COOH$ এবং 0.1 মোল $CH_3COONa$ দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ৩
[দেওয়া আছে $Ka = 1.0 \times 10^{-5}$].
অথবা, (ক) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? এ নীতির আলোকে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার উপর চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা কর ঃ ১+৩=৪
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92.38\ kJmol^{-1}$.
(খ) হেন্ডারসন সমীকরণের আলোকে অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH গণনা কর। ৪
(গ) জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৪
(ঘ) $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে 150 mA বিদ্যুৎ 60 mm যাবৎ চালনা করা হল, তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত কপারের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

৪। (ক) অম্ল-ক্ষারকের আরহেনিয়াস মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) নিয়নের ব্যবহার লেখ। ২
অথবা, (ক) কক্ষ তাপমাত্রায় $CO_2$ গ্যাস কিন্তু $SiO_2$ কঠিন কেন ব্যাখ্যা কর।
(খ) দ্রবণে $Al^{3+}$ কে কীভাবে শনাক্ত করবে?

৫। (ক) $NH_3$ ও HCl এর মধ্যে কোন্‌টির ব্যাপনের হার বেশি এবং কেন? ৩
(খ) PbO উভধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) উত্তপ্ত Mg-এর সাথে $N_2(g)$ গ্যাসের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগের গরম পানির সাথে বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ।
(খ) ছত্র এক আণবিক বিক্রিয়া কী?

৬। (ক) সঞ্চরণশীল $\pi$ (পাই) ইলেকট্রন বলতে কী বুঝ? বেনজিনের গঠনে এর ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধিচাপ কী? ২
অথবা, (ক) $H_3PO_4$ এবং $HNO_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি শক্তিশালী এসিড এবং কেন—ব্যাখ্যা কর।
(খ) Cu এবং $Fe^{++}$ এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ।

৭। (ক) NaOH ও HP এর প্রশমন তাপের মান সাধারণ ধ্রুব মানের চেয়ে বেশি হয় কেন? ৩
(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলোর আণবিক সংকেত লেখ ঃ (i) ডলোমাইট; (ii) সল্ট পিটার। ২
অথবা, (ক) নিম্নতাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড $Al_2Cl_6$ রূপে বিরাজ করে—ব্যাখ্যা কর।
(খ) $KMnO_4$ এবং $Na_2S_2O_3$ এর মধ্যে Mn ও S এর জারণ সংখ্যা কত?

৮। (ক) $Al_2(SO_4)_3$ জলীয় দ্রবণ অম্লীয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) নিম্নের অরবিটালগুলোর মধ্যে কোন্ কোন্‌টি সম্ভব নয়, তা কারণসহ লেখ ঃ 1P, 3P, 6s, 2d. ২
অথবা, (ক) কক্ষ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল $H_2S$ গ্যাস—ব্যাখ্যা কর।
(খ) আয়োডোমিতি ও আয়োডিমিতি বলতে কী বুঝ?

৯। (ক) তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ও তাপহারী বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) $Pb(NO_3)_2$ কে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? বিক্রিয়া দাও। ২
অথবা, (ক) পর্যায় সারণির কর্ণ সম্পর্ক কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন?

http://pdfcorner.com

## বরিশাল বোর্ড–২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) পরম শূন্য তাপমাত্রা বলতে কী বোঝায়? চার্লসের সূত্র থেকে কীভাবে পরম তাপমাত্রা স্কেল প্রতিষ্ঠা করা যায় বর্ণনা কর। ১+৩=৪

(খ) জারণ মান কী? 10g $FeSO_4$ কে জারিত করতে কত গ্রাম বিশুদ্ধ পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট লাগবে? ১+৩=৪

(গ) দ্রবণ তাপের সংজ্ঞা দাও। NaOH ও HF এর প্রশমন তাপের মান স্থির মানের চেয়ে বেশি হয় কেন? ১+৩=৪

(ঘ) দ্রবণের মোলারিটি ও মোলালিটির মধ্যে কোন্‌টি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল এবং কেন? ৩

অথবা, (ক) কেলাসের একক কোষ বলতে কী বুঝ? সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের গঠন সংক্ষেপে আলোচনা কর। ১+৩=৪

(খ) হুন্ডের নীতিটি লেখ। পটাশিয়ামের ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d উপস্তরে না গিয়ে 4s উপস্তরে প্রবেশ করে কেন? ১+৩=৪

(গ) 7.85g $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর একটি মিশ্রণকে অতিরিক্ত লঘু HCl এ দ্রবীভূত করে STP-তে 1.84L $CO_2$ গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। ৪

(ঘ) সিগমা ($\sigma$) ও পাই ($\pi$) বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন—ব্যাখ্যা কর। ৩

২। (ক) অম্ল ও ক্ষার সম্পর্কিত প্রোটনীয় মতবাদটি উদাহরণসহ লেখ। ২+২=৪

(খ) মৃৎ–ক্ষার ধাতু বলতে কী বুঝ? পর্যায় সারণিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অবস্থান আলোচনা কর। ১+৩=৪

(গ) 500 mL সালফিউরিক এসিড দ্রবণে 4.9g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত আছে। এ দ্রবণের 50 mL কে 5% NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কী পরিমাণ NaOH লাগবে? ৪

(ঘ) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? এ মিশ্রণের উপাদানসমূহকে আংশিক পাতন দ্বারা পৃথক করা যায় না কেন? ১+২=৩

অথবা, (ক) $2A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ দ্বিতীয়ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের গাণিতিক সমীকরণ উপপাদন কর। ৪

(খ) সন্নিবেশ–সমযোজী বন্ধনের গঠন প্রণালী উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

(গ) 4.5 mol $H_2$ এবং 4.7 mol $I_2$ 400°C তাপমাত্রায় 1.0L আয়তনের ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.7 mol HI উৎপন্ন হয়। উক্ত তাপমাত্রায় $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$ গণনা কর। ৪

(ঘ) নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার পার্থক্য লেখ। ৩

৩। (ক) বাষ্পচাপের অবনমন সম্পর্কিত রাউল্টের সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। এর সীমাবদ্ধতা লেখ। ৩+১=৪

(খ) রাদারফোর্ডের $\alpha$-কণা পরীক্ষাটি লেখ। এ পরীক্ষা থেকে কী কী সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা যায়? ২+২=৪

(গ) সালফিউরিক এসিড মিশ্রিত পানিতে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করে STP-তে 400 mL হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া গেল। দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করা হয়েছিল? ৪

(ঘ) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩

অথবা, (ক) বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

(খ) লবণ সেতু কী? লবণ সেতুর ভূমিকা বর্ণনা কর। ২+২=৪

(গ) 17°C তাপমাত্রায় 99.99 kPa চাপে 0.058 $m^3$ হাইড্রোজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হলো। 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.27 kPa হলে STP-তে উক্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। ৪

(ঘ) উদাহরণসহ হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) জিঙ্কের পাত্রে ফেরাস সালফেট দ্রবণ রাখা যাবে কি? দেয়া আছে,
$E°_{ox}, Zn/Zn^{2+} = +0.76$ volt এবং $E°_{ox}, Fe/Fe^{2+} = +0.44$ volt. ৩

(খ) আয়োডোমিতি কী? উদাহরণ দাও। ২

অথবা, (ক) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়—ব্যাখ্যা কর।

(খ) $XeF_6$ অণুর জ্যামিতিক চিত্র অঙ্কন কর।

৫। (ক) সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান—ব্যাখ্যা কর। ৩

(খ) $NH_3$ অণুতে H—N—H বন্ধন কোণ 107° হয় কেন? ২

অথবা, (ক) আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের সমীকরণটির সমতা বিধান কর ঃ

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2C_2O_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O + CO_2$$

(খ) 5% $Na_2CO_3$ দ্রবণের শক্তিমাত্রা মোলারিটিতে হিসাব কর।

৬। (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় $CO_2$ একটি গ্যাস, কিন্তু $SiO_2$ একটি কঠিন পদার্থ—ব্যাখ্যা কর। ৩

(খ) ছদ্ম–এক আণবিক বিক্রিয়া সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ। ২

অথবা, (ক) $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয়, কিন্তু $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

(খ) কর্ণ–সম্পর্ক কী?

৭। (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল, কিন্তু $H_2S$ গ্যাসীয়—ব্যাখ্যা কর। ৩

(খ) বাইকার্বনেট আয়নের ($HCO_3^-$) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারের নাম লেখ। ২

অথবা, (ক) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা হতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা যায় না কেন?

(খ) মোলার গ্যাস ধ্রুবক 'R'-এর তাৎপর্য লেখ।

৮। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র প্রতিপাদন কর। ৩

(খ) কেন গাঢ় $H_2SO_4$ কে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয় না? ২

অথবা, (ক) জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে সংঘটিত হয়— ব্যাখ্যা কর।

(খ) 0.05 M $H_2SO_4$ দ্রবণের pH হিসাব কর।

http://pdfcorner.com

৯। (ক) ক্ল্যাথরেট যৌগ বলতে কী বুঝ? নিয়নের দুটি ব্যবহার লেখ। ২+১=৩
(খ) সাধারণ অবস্থায় $K^+$ গঠিত হয়। $K^{2+}$ গঠিত হয় না কেন? ২
অথবা, (ক) এনজাইম ও প্রভাবক বিষ বলতে কী বুঝ? $১\frac{১}{২}+১\frac{১}{২}=৩$
(খ) Si(14) এবং $Fe^{2+}$(26) এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২

## সিলেট বোর্ড–২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণসমূহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে (i) অ্যাভোগেড্রোর সূত্র; (ii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র প্রতিপাদন কর। ২+২=৪
(গ) 17°C তাপমাত্রায় 770 mm চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। (17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14.5 mm) ৪
(ঘ) সমযোজী বন্ধনের সংজ্ঞা দাও। এর গঠনপ্রণালী উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ৩
অথবা, (ক) গ্যাসের আংশিক চাপ কী? দেখাও যে, গ্যাস মিশ্রণের কোন উপাদানের আংশিক চাপ ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলের সমান। ১+৩=৪
(খ) বাষ্পীয় দ্রবণ কী? অম্লীয় বাষ্পীয় দ্রবণের ক্রিয়াকৌশল বর্ণনা দাও। ১+৩=৪
(গ) 30 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হল। পূর্ণ প্রশমনের জন্য অতিরিক্ত 400 mL 0.15 M HCl দ্রবণের প্রয়োজন। NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? ৪
(ঘ) ব্রাইন থেকে বৈদ্যুতিক প্রণালীতে NaOH উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৩

২। (ক) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান আলোচনা কর। ৪
(খ) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে $Na_2CO_3$ উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ১+৩=৪
(গ) চুনাপাথরের একটি নমুনায় 95% ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে। লঘু HCl-এ 150g চুনাপাথর দ্রবীভূত করে প্রমাণ অবস্থায় কত লিটার $CO_2$ পাওয়া যাবে? ৪
(ঘ) তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান স্থির কেন? ৩
অথবা, (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালীতে বিশুষ্ক অ্যালুমিনা থেকে Al ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর।
(খ) অরবিটাল সংকরণ কী? $sp^3$-সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(গ) 25°C তাপমাত্রায় 2 atm চাপে $PCl_5$ 80% বিয়োজিত হয়ে $PCl_3$ ও $Cl_2$ উৎপন্ন করে। $PCl_3$ ও $Cl_2$ এর আংশিক চাপ ও Kp নির্ণয় কর।
(ঘ) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।

৩। (ক) পরমশূন্য তাপমাত্রা বলতে কী বুঝ? চার্লসের সূত্র থেকে পরম তাপমাত্রা স্কেলটি প্রতিপন্ন কর। ৪
(খ) $2A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ ২য় ক্রম বিক্রিয়ার হারধ্রুবকের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। ৪
(গ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার প্রাথমিক ঘনমাত্রা 0.6 $molL^{-1}$ থেকে 0.2 $molL^{-1}$ ঘনমাত্রায় হ্রাস পেতে 6.0 মিনিট সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হারধ্রুবক নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
অথবা, (ক) কেলাসের একক কোষ কী? NaCl এর কেলাস গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(খ) জারণ-বিজারণ-এর ইলেক্ট্রনিক মতবাদ উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ৪
(গ) 27°C তাপমাত্রায় একটি কঠিন বস্তুসহ নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাস 100L আয়তন দখল করে। ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা 54°C এ বর্ধিত করায় এর চাপ দ্বিগুণ এবং কঠিন বস্তুসহ আয়তন 59.3 L হল। কঠিন বস্তুটির আয়তন নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপ কী? $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা কত? ১+১+১=৩
(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন? ২
অথবা, (ক) সিগমা ও পাই বন্ধন বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) 20 g অক্সিজেন গ্যাসে কতটি অণু আছে? ২

৫। (ক) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু $SiCl_4$ সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় কেন? ৩
(খ) (i) Cr(24); (ii) $Fe^{2+}$(26) এর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২
অথবা, (ক) হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী কিন্তু গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী কেন?
(খ) $Mg^{2+}$ সম্ভব কিন্তু $Mg^{3+}$ সম্ভব নয় কেন?

৬। (ক) পলির বর্জন নীতি কী? এ নীতি অনুসারে α-উপস্তরে সর্বোচ্চ কয়টি ইলেকট্রন থাকতে পারে? ৩
(খ) HF একটি পোলার যৌগ কেন? ২
অথবা, (ক) দেখাও যে, জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া একই সাথে ঘটে।
(খ) 2p, 2d অরবিটালের কোন্‌টি সম্ভব এবং কেন?

৭। (ক) $PCl_5$ গঠিত হয় কিন্তু $NCl_5$ গঠিত হয় না কেন? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৩
(খ) 'F' সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল কেন? ২
অথবা, (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার তিনটি বৈশিষ্ট্য লেখ।
(খ) KCl ও NaCl এর মধ্যে কোন্‌টি বেশি আয়নিক এবং কেন?

৮। (ক) এসিড ক্ষারকের প্রোটনীয় মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) একটি ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। ২
অথবা, (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় $H_2O$ তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাস কেন?
(খ) দেখাও যে, $H_2O$ অম্ল ও ক্ষারক উভয়রূপে কাজ করে।

http://pdfcorner.com

৯। (ক) নিম্নতাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড $Al_2Cl_6$ রূপে বিরাজ করে—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) s ও p অরবিটালের আকৃতি দেখাও। ২
অথবা, (ক) Be-এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি B অপেক্ষা বেশি কেন?
(খ) দেখাও যে, সেমিমোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ।

## দিনাজপুর বোর্ড–২০১১

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্ব ব্যবহার করে নিম্নোক্ত সূত্রগুলো বর্ণনা কর ঃ ৪
(i) চার্লসের সূত্র; (ii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র।
(খ) হুন্ডের নীতি কী? এই নীতির আলোকে P এবং S মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ২+২=৪
(গ) R.M.S বেগ কী? 27°C তাপমাত্রায় $N_2$ গ্যাসের RMS বেগ নির্ণয় কর। ১+৩=৪
(ঘ) মোল বলতে কী বুঝ? এর গুরুত্ব লেখ। ৩
অথবা, (ক) কোয়ান্টাম সংখ্যা কাকে বলে? যে-কোন দুটি কোয়ান্টাম সংখ্যার বর্ণনা দাও। ১+৩=৪
(খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কী বুঝ? $N_2O_4(g)$ এর বিয়োজনের জন্য $K_c$-এর রাশিমালা নির্ণয় কর। ১+৩=৪
(গ) 0.36g ভরের এক টুকরা অবিশুদ্ধ লৌহকে লঘু $H_2SO_4$-এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে জারিত করতে $48.5cm^3$ 0.025M $KMnO_4$ দ্রবণ লাগলে লোহার টুকরাটিতে ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [Fe = 55.85]
(ঘ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে ৩টি পার্থক্য লেখ। ৩

২। (ক) এনথালপি কাকে বলে? দেখাও যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ সিস্টেমের এনথালপি পরিবর্তনের সমান। ১+৩=৪
(খ) উদাহরণসহ সমযোজী বন্ধনের গঠন আলোচনা কর। ৪
(গ) 25°C তাপমাত্রায় এবং 1 atm চাপে 70% $PCl_5$ বিয়োজিত হল। উক্ত বিয়োজনে $K_p$ এবং $K_c$ নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) কোষের লবণ সেতু কী? এর ভূমিকা লেখ। ৩
অথবা, (ক) আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি কী? উদাহরণসহ লেখ। ৪
(খ) অস্ওয়াল্ডের লঘুকরণ তত্ত্বের সাহায্যে মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার রাশিমালা প্রতিপাদন কর। ৪
(গ) তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে আদর্শ আচরণ থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) $XeF_2$, $XeF_4$ এবং $XeF_6$ অণুর জ্যামিতিক চিত্র অঙ্কন কর। ৩

৩। (ক) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান আলোচনা কর। ৪
(খ) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রগুলো বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) 0.1M অ্যাসিটিক এসিড ও 0.1M সোডিয়াম অ্যাসিটেট বিশিষ্ট বাফার দ্রবণের pH হিসাব কর। উক্ত দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কত? [Ka = $1.0 \times 10^{-5}$] ৪
(ঘ) শুষ্ক ও সিক্ত পরীক্ষা দ্বারা $Na^+$ আয়নকে কীভাবে শনাক্ত করা হয়? ৩
অথবা, (ক) প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব্য বলতে কী বুঝ? এরূপ দুটি পদার্থের নাম ও সংকেত লেখ। ২+২=৪
(খ) অম্লীয় মাধ্যমে বাফার দ্রবণের ক্রিয়া–কৌশল আলোচনা কর। ৪
(গ) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? ক্রম এবং আণবিকত্বের পার্থক্য দেখাও। ৪
(ঘ) মিথেনের দহন তাপ – 890.3 $kJmol^{-1}$ হলে 1335.45 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কত গ্রাম মিথেন এবং STP- তে কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হবে? ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) $CO_2$ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস, কিন্তু $SiO_2$ কঠিন পদার্থ—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) জারণ অর্ধ–বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? ২
অথবা, (ক) ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ১টি ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর।
(খ) মোলার দ্রবণ কি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল? কেন?

৫। (ক) ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎঋণাত্মক মৌল—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) ছদ্ম–এক আণবিক বিক্রিয়া কাকে বলে? ২
অথবা, (ক) $CaCl_2$ এবং $AlCl_3$-এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক সমযোজী এবং কেন?
(খ) 27°C তাপমাত্রায় 5.0g অক্সিজেন গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর।

৬। (ক) ল্যাটিস এন্‌থালপি ও হাইড্রেশন এনথালপি বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারা বিভবের মান শূন্য—ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) ভর–ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। এর সাহায্যে সাম্যাঙ্ক $K_c$ এর রাশিমালা বের কর।
(খ) উত্তপ্ত Mg-এর সাথে $N_2$ গ্যাসের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে উষ্ণ পানিতে যোগ করলে কী ঘটে?

৭। (ক) পর্যায় সারণিতে নিম্নোক্ত মৌলসমূহের অবস্থান নির্ণয় কর ঃ (i) Mg; (ii) Cl; (iii) Cu. ৩
(খ) ব্রাইন কী? এর ব্যবহার লেখ। ২
অথবা, (ক) $H_2O$ অণুর বন্ধন কোণ 104.5°—ব্যাখ্যা কর।
(খ) $Na^+$ গঠিত হয়, কিন্তু $Na^{2+}$ সাধারণত গঠিত হয় না—কেন?

৮। (ক) সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন কী? ৩
(খ) SI এককে R-এর মান বের কর। ২
অথবা, (ক) কৃষি উৎপাদনে pH-এর ভূমিকা আলোচনা কর।
(খ) $CO_2$ এর সন্ধি তাপমাত্রা ও সন্ধি চাপের মান কত?

৯। (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মধ্যে ৩টি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) $CO_2$ কে শুষ্ক বরফ বলা হয় কেন? ২
অথবা, (ক) ক্ল্যাথরেট যৌগ কী? নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যোজনী শূন্য—ব্যাখ্যা কর।
(খ) কোষের তড়িচ্চালক বল বা e.m.f বলতে কী বুঝ?

http://pdfcorner.com

# বিভিন্ন বোর্ডের প্রশ্নপত্র

## রসায়ন (তত্ত্বীয়)– প্রথম পত্র

সময়–৩ ঘণ্টা; পূর্ণমান–৭৫

[দ্রষ্টব্য ঃ ডান পাশে উল্লেখিত সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক।]

### ঢাকা বোর্ড–২০১০

নম্বর

১। (ক) পরম শূন্য তাপমাত্রা কী? এর তাৎপর্য উল্লেখ কর। ৩+২=৫
(খ) রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের স্বীকার্যসমূহ লেখ। এ মডেলের সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। ১+৪=৫
(গ) সমযোজী যৌগে তড়িৎযোজী বৈশিষ্ট্যের কারণ আলোচনা কর। ৩
(ঘ) ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ ঃ *(i)* $Fe^{3+}$ (26); *(ii)* $Cl^-$ (17); *(iii)* Cr (24).

**অথবা,** (ক) আধুনিক পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। আধুনিক পর্যায় সারণির বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর। ২+৩=৫
(খ) ২১° সে. তাপমাত্রায় ৭২০ মি.মি. পারদ চাপে $CO_2$ অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় কর। ৪
(গ) জারণ–বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ব্যাখ্যা কর। ৪
(ঘ) ব্যাপন ও অনুব্যাপন বলতে কী বুঝ? ২

২। (ক) অবস্থান্তর মৌল কী? পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান আলোচনা কর। ২+৩=৫
(খ) 500 mL দ্রবণে 4.9 g $H_2SO_4$ দ্রবীভূত আছে। উক্ত দ্রবণের 50 mL পরিমাণকে 10% NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কী পরিমাণ NaOH দ্রবণ প্রয়োজন?
(গ) পর্যায় সারণিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অবস্থান আলোচনা কর। ৩
(ঘ) আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিচের সমীকরণগুলোর সমতা বিধান কর ঃ ৩
*(i)* $Cr_2O_7^{2-} + H^+ + I^- \rightarrow Cr^{3+} + H_2O + I_2$; *(ii)* $MnO_4^- + H^+ + Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Fe^{3+} + H_2O$.

**অথবা,** (ক) হাইব্রিডাইজেশন বলতে কী বুঝ? SP হাইব্রিড অরবিটালের আকৃতি কীরূপ উদাহরণসহ আলোচনা কর। ১+৩=৪
(খ) প্রমাণ দ্রবণ ও নির্দেশকের সংজ্ঞা দাও। ৩
(গ) 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের 45 $cm^3$ কে 0.1M $H_2SO_4$ দ্বারা প্রশমিত করা হল। $H_2SO_4$ এসিডের আয়তন নির্ণয় কর। ৪
(ঘ) সংঘর্ষ ব্যাস ও গড় মুক্ত পথ বলতে কী বুঝ? ৪

৩। (ক) বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) অম্ল ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) SI এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। ৩
(ঘ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার 15% সম্পন্ন হয় 20 মিনিটে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক ও অর্ধায়ু নির্ণয় কর। ৪

**অথবা,** (ক) হেসের সূত্রটি বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর।
(খ) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা থেকে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর।
(গ) টীকা লেখ ঃ *(i)* অষ্টক নিয়ম; *(ii)* দুই এর নিয়ম।
(ঘ) 8.15 g বিশুদ্ধ জিংক অক্সাইড হতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির মাধ্যমে কত গ্রাম বিশুদ্ধ জিংক পাওয়া যাবে? [Zn = 65.38]

৪। (ক) নিউক্লীয় ফিশান ও নিউক্লীয় ফিউশান বিক্রিয়ার তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের মোলারিটি কত? ২

**অথবা,** (ক) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত এর মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।
(খ) ব্যাখ্যা কর ঃ Na পরমাণু অপেক্ষা $Na^+$ ছোট।

৫। (ক) কার্বন ও সিলিকনের তিনটি বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর। ৩
(খ) $Sn^{2+}$ ও $Sn^{4+}$ এর মধ্যে কোন্‌টি জারক সমীকরণের সাহায্যে দেখাও। ২

**অথবা,** (ক) $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব নির্ণয় কর। ২
(খ) শুধু জুল–থমসন প্রভাবের সাহায্যে সকল গ্যাসকে তরল করা যায় না—কেন? ৩

৬। (ক) এনথালপির সংজ্ঞা দাও এবং এর ভৌত তাৎপর্য প্রতিপাদন কর। ৩
(খ) পরমাণুতে যে নিউক্লিয়াস আছে তা কীভাবে প্রমাণ করবে? ২

**অথবা,** (ক) সোডিয়াম অপেক্ষা পটাসিয়ামের আয়নীকরণ বিভব কম হয় কেন? ২
(খ) নিয়ন–এর তিনটি ব্যবহার লেখ। ৩

৭। (ক) কক্ষ তাপমাত্রায় $CO_2$ গ্যাস কিন্তু $SiO_2$ কঠিন—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) দ্রবণে $Al^{3+}$ আয়ন কীভাবে শনাক্ত করা হয়? ২

**অথবা,** (ক) 2s, 2d, 3f এবং 4f অরবিটালগুলোর মধ্যে কোন্‌গুলো সম্ভব নয়? কারণ দর্শাও। ৩
(খ) নিম্নলিখিত মৌলগুলোর পর্যায় সারণিতে অবস্থান ব্যাখ্যা কর ঃ *(i)* Cr(24); *(ii)* Ca(20). ২

৮। (ক) P অরবিটালসমূহের আকৃতি লেখ। ২
(খ) সঞ্চরণশীল পাই ইলেকট্রন সম্পর্কে টীকা লেখ। ৩

**অথবা,** (ক) কোষের লবণ সেতু কী?
(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? দুটি উদাহরণ দাও।

৯। (ক) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য কী? ৪
(খ) জারণ সংখ্যা কী? ১

http://pdfcorner.com

**অথবা,** (ক) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর। ৩
(খ) $Pb(NO_3)_2$ কে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? বিক্রিয়া দাও। ২

## কুমিল্লা বোর্ড-২০১০

### ক বিভাগ

নম্বর

১। (ক) বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ হতে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান আলোচনা কর। ৪
(গ) বোর পরমাণু মডেল বর্ণনা কর এবং সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর। ৪
(ঘ) ২৫°C তাপমাত্রায় এক অণু $CO_2$ এর গড় গতিশক্তি হিসাব কর। ৩

**অথবা,** (ক) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র হতে গ্যাসের ব্যাপন হারের সাথে আণবিক ভরের সম্পর্ক নির্ণয় কর।
(খ) বাফার দ্রবণ বলতে কী বুঝ? pH নিয়ন্ত্রণে বাফার দ্রবণ কীভাবে কাজ করে?
(গ) H-বন্ধন বলতে কী বুঝ? পদার্থের ভৌত ধর্মের উপর H- বন্ধনের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) ১৭°C তাপমাত্রায় ৭৭০ মি.মি. চাপে ৬০০ মি.লি. অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল, S.T.P তে গ্যাসটির আয়তন ও ভর নির্ণয় কর (১৭°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ ১৪.৫ মি.মি.)।

২। (ক) $KMnO_4$-এর প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি লেখ। ৪
(খ) তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলতে কী বুঝ? ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল কেন? ৪
(গ) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানসমূহকে আংশিক পাতন পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না কেন? ৪
(ঘ) ০.৫A মাত্রার তড়িৎ প্রবাহ ১০ মিনিট সময় ধরে তুঁতের জলীয় দ্রবণে চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে? ৩

**অথবা,** (ক) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? দেখাও যে, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।
(খ) তরল–তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে বাষ্পচাপ অবনমনের রাউল্টের সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।
(গ) $H_2O$ অণুতে H-O-H বন্ধন কোণ ১০৪.৫° কিন্তু $NH_3$ অণুতে H-N-H বন্ধন কোণ ১০৭° কেন?
(ঘ) ১০ গ্রাম $Na_2CO_3$ কে পানিতে দ্রবীভূত করে ৫০০ মি.লি. করা হল। এ দ্রবণ থেকে ৫০ মি.লি. তুলে নিয়ে টাইট্রেশান করে শেষ বিন্দুতে পৌঁছাতে ০.১ M HCl এর ১০ মি.লি. প্রয়োজন হলে উক্ত $Na_2CO_3$ নমুনায় ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

৩। (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৪
(খ) নির্দেশক তড়িৎদ্বার কী? প্রমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎদ্বারের গঠন বর্ণনা কর। ৪
(গ) টীকা লেখ ঃ *(i)* জুল থমসন প্রভাব; *(ii)* প্রভাবক বিষ। ৪
(ঘ) নিম্নের বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে কি?— ৩
$Cu_{(s)} + ZnSO_{4(aq)} = CuSO_{4(aq)} + Zn_{(s)}$ [দেয়া আছে, $Cu^{2+}{}_{(aq)}/Cu_{(s)}$ এবং $Zn^{2+}{}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে + 0.34V এবং –0.76V]

**অথবা,** (ক) ভরক্রিয়া সূত্রটি লেখ। $PCl_5$-এর বিয়োজন মাত্রা $\alpha$ হলে, নিচের সাম্যবিক্রিয়াটির জন্য $K_p$-এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর ঃ
$PCl_{5(g)} = PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$
(খ) সক্রিয়ন শক্তি কী? বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কিত সূত্রটি প্রতিষ্ঠিত কর।
(গ) পাউলির বর্জন নীতি কী? এ নীতি অনুসারে d-উপস্তরের সর্বাধিক ইলেক্ট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর।
(ঘ) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ায় অর্ধেক পরিমাণ বিয়োজিত হতে ৩০০ সেকেন্ড সময়ের প্রয়োজন হয়। কতক্ষণ পর বিক্রিয়কের এক–অষ্টমাংশ পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে?

### খ বিভাগ

৪। (ক) মোল ভগ্নাংশ ও গ্যাসের মোলার আয়তন বলতে কী বুঝ? ৩
(খ) $Na^{2+}$ আয়ন গঠন সম্ভব নয় কেন? ২

**অথবা,** (ক) হেস্–এর তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।
(খ) দেখাও যে, পানি একটি উভধর্মী পদার্থ।

৫। (ক) $CCl_4$ ও $SiCl_4$ এর আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া ভিন্ন—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* গ্লুবার লবণ; *(ii)* অ্যালুনাইট। ২

**অথবা,** (ক) $C_2H_4$-অণুতে C-পরমাণুর সংকরণ ব্যাখ্যা কর।
(খ) ক্রোমিয়ামের ইলেক্ট্রন বিন্যাসে সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায় কেন?

৬। (ক) দেখাও যে, জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় ইলেক্ট্রনের স্থানান্তর ঘটে। ৩
(খ) STP-তে ২ লিটার মিথেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

**অথবা,** (ক) $H_3PO_4$ ও $HNO_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর তীব্র এসিড এবং কেন?
(খ) লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে সমীকরণসহ লেখ।

৭। (ক) $(H_2O)_n$ এর মধ্যে কী কী ধরনের বন্ধন আছে ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) কমলা লেবুর রসের একটি নমুনায় pH এর মান ৩.৮০। উক্ত নমুনা দ্রবণের $H^+$ ও $OH^-$ আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ২

**অথবা,** (খ) ক্ল্যাথরেট যৌগ কী? নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যোজনী শূন্য কেন?
(খ) AgF পানিতে দ্রবণীয় হলেও AgCl অদ্রবণীয় কেন?

৮। (ক) লবণ সেতু কী? এটা কেন ব্যবহার করা হয়? ৩
(খ) $P^{OH}$ কী? উদাহরণসহ বুঝিয়ে লেখ। ২

**অথবা,** (ক) গ্যাসের গড়বেগ ও বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলতে কী বুঝ?
(খ) নিম্ন তাপমাত্রায় $AlCl_3$ উর্ধ্বপাতিত হয় কেন?

http://pdfcorner.com

৯। (ক) উত্তপ্ত Mg এর সাথে $N_2$ গ্যাসের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে গরম পানির সাথে বিক্রিয়া ঘটালে কী ঘটে, সমীকরণসহ লেখ। ৩
(খ) টীকা লেখ ঃ ছদ্ম এক আণবিক বিক্রিয়া। ২
**অথবা,** (ক) সাম্যাঙ্ক $K_c$ এর মান কি কখনও শূন্য বা অসীম হতে পারে? ব্যাখ্যা কর।
(খ) ইথানল সমযোজী যৌগ হলেও পানিতে দ্রবণীয় কেন?

## রাজশাহী বোর্ড–২০১০

### ক বিভাগ—রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) রাদারফোর্ডের আলফা ($\alpha$) কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং এ পরীক্ষা থেকে কী কী সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়? ৪
(খ) গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে *(i)* চার্লসের সূত্র; *(ii)* অ্যাভোগাড্রোর সূত্র উপপাদন কর। ৪
(গ) নিউক্লীয় ফিশন ও নিউক্লীয় ফিউশনের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(ঘ) 17°C তাপমাত্রায় 105 kPa চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। [17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.25 kPa] ৪
**অথবা,** (ক) আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর।
(খ) ভরক্রিয়া সূত্রটি লেখ। $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ এ বিক্রিয়ায় $PCl_5$ এর বিযোজন মাত্রা x হলে $K_p$ এর রাশিমালা উপপাদন কর।
(গ) বেরিলিয়াম-এর প্রথম আয়নীকরণ পটেনশিয়াল বোরন অপেক্ষা বেশি—ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) 95% $CaCO_3$ বিশিষ্ট চুনাপাথর নমুনার 200 g কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত করলে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন $CO_2$ গ্যাস পাওয়া যাবে?

২। (ক) বক্সাইট কী? বক্সাইট বিশোধনের একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। ১+৩=৪
(খ) পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনের পরিপূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন কেন? ৪
(গ) সক্রিয়ন শক্তি কী? সক্রিয়ন শক্তি বিক্রিয়া হারের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত? ৩
(ঘ) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় A তরলের বাষ্পচাপ 0.016 kPa। একই তাপমাত্রায় A ও B তরলের সমমোলার আদর্শ দ্রবণের মোট বাষ্পচাপ 101.325 kPa হলে বিশুদ্ধ অবস্থায় B তরলের বাষ্পচাপ নির্ণয় কর। ৪
**অথবা,** (ক) কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 24টি প্রোটন আছে। পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ এবং পর্যায় সারণিতে এর অবস্থান দেখাও।
(খ) সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন বলতে কী বোঝায়? অরবিটাল চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।
(গ) NaOH ও HF এর প্রশমন তাপের মান সাধারণ মান (–57.34 kJ) এর চেয়ে বেশি হয় কেন?
(ঘ) একটি সবল ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা $2 \times 10^{-3}$ $molL^{-1}$ হলে ঐ দ্রবণের pH কত হবে?

৩। (ক) বাফার দ্রবণ কী? অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) বিক্রিয়ার অর্ধায়ু কী? দেখাও যে, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। ১+৩=৪
(গ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করা হল। এতে কত পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? ৪
**অথবা,** (ক) কেলাসের একক কোষ বলতে কী বুঝ? NaCl এর কেলাস চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৪
(খ) প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মূলনীতি বর্ণনা কর। ৪
(গ) $NH_4Cl$ যৌগে কী কী ধরনের বন্ধন আছে দেখাও। ৪
(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের বর্গমূল গড়-বর্গবেগ নির্ণয় কর। ৩

### খ বিভাগ—সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) R-এর মান SI এককে গণনা কর। ৩
(খ) কোন তেজস্ক্রিয় মৌল β-কণা বিকিরণের পর কী পরিবর্তন ঘটে? উদাহরণসহ দেখাও। ২
**অথবা,** (ক) $CaCl_2$ এবং $AlCl_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক সমযোজী এবং কেন?
(খ) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ বিক্রিয়াটির উপর চাপের কোন প্রভাব আছে কি? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

৫। (ক) অরবিট ও অরবিটালের পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) ফ্যারাডের সূত্র থেকে ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। ২
**অথবা,** (ক) $Zn(s)/ZnSO_4(aq)/CuSO_4(aq)/Cu(s)$ এ কোষটির কোষ বিক্রিয়া লেখ।
(খ) ছদ্ম এক আণবিক বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও।

৬। (ক) মৌলের আয়নীকরণ শক্তি একই পর্যায় ও শ্রেণীতে কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা আলোচনা কর। ৩
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* ডলোমাইট; *(ii)* চিলি সল্টপিটার। ২
**অথবা,** (ক) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন?
(খ) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

৭। (ক) K-এর ১৯তম ইলেকট্রনটি 3d অরবিটালে না গিয়ে 4s অরবিটালে যায় কেন? ৩
(খ) $Al_2O_3$ এর অম্লত্ব নির্ণয় কর। ২
**অথবা,** (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার তিনটি বৈশিষ্ট্য লেখ।
(খ) $XeF_4$ ও $XeF_6$ এর জ্যামিতিক আকৃতি অঙ্কন কর।

৮। (ক) অ্যালুমিনা থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সম্ভব নয় কেন? ৩
(খ) আদর্শ গ্যাস সমীকরণের দুটি ব্যবহার লেখ। ২
**অথবা,** (ক) 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে নির্ণয় কর।
(খ) নিয়নের দুটি ব্যবহার লেখ।

http://pdfcorner.com

৯। (ক) গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী কিন্তু হীরক বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) দ্রবণে $Na^+$ কীভাবে শনাক্ত করবে? ২
অথবা, (ক) আদর্শ তরল–তরল দ্রবণের তিনটি বৈশিষ্ট্য লেখ।
(খ) লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে, সমীকরণসহ লেখ।

## যশোর বোর্ড-২০১০

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের সমন্বয় সূত্র কী? গ্যাসসূত্রসমূহ ব্যবহার করে $PV = nRT$ সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। ৪
(খ) পর্যায় সারণিতে H-এর অবস্থান আলোচনা কর। ৪
(গ) টীকা লেখ ঃ *(i)* পলির বর্জননীতি, *(ii)* আইসোটোন। ২+২=৪
(ঘ) 20°C তাপমাত্রায় এবং 74 cm চাপে 0.842 g একটি গ্যাস 400 mL আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর কত? ৩
অথবা, (ক) আংশিক চাপ কাকে বলে? ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) এনথালপি কী? প্রমাণ কর যে, স্থিরচাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপির পরিবর্তনের সমান। ১+৩=৪
(গ) একটি প্রথম ক্রমবিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল 50 সে. হলে বিক্রিয়াটির 75% সম্পন্ন হতে কত সময় প্রয়োজন? ৪
(ঘ) 'সিগমা ($\sigma$) ও পাই ($\pi$) বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন'—ব্যাখ্যা কর। ৩

২। (ক) সমযোজী যৌগের তড়িৎযোজী ও তড়িৎযোজী যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কাকে বলে? উভমুখী বিক্রিয়া কী? ৩+১=৪
(গ) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রটি লেখ। এ সূত্রের সাহায্যে কীভাবে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়—বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(ঘ) 15.0 mol $H_2$ এবং 5.2 mol $I_2$ এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে 10.0 mol HI উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক গণনা কর। ৩
অথবা, (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্ব কী? গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪
(খ) বিক্রিয়ার ক্রম বলতে কী বুঝ? একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগধ্রুবকের রাশিমালা প্রতিপাদন কর। ১+৩=৪
(গ) শর্ত উল্লেখ করে NaOH এর জলীয় দ্রবণের সাথে $Cl_2$ এর বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) ছত্র এক আণবিক বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

৩। (ক) ভরক্রিয়া সূত্র কী? ভরক্রিয়া সূত্রের সাহায্যে $K_c$ এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর। ১+৩=৪
(খ) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন কাকে বলে? এ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয় একটি উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(গ) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কাকে বলে? ২+২=৪
(ঘ) 2.5% NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ৩
অথবা, (ক) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে $Na_2CO_3$ উৎপাদনের মূলনীতি বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(খ) বাফার দ্রবণ কাকে বলে? বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্র উদাহরণসহ বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) চুনাপাথরের একটি নমুনায় 95% $CaCO_3$ আছে। লঘু HCl এ 200 g চুনাপাথর দ্রবীভূত করে STP তে কত ডেসিলিটার $CO_2$ পাওয়া যাবে? ৩

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ ব্যবহার করে বয়েলের সূত্র প্রতিপাদন কর। ৩
(খ) $H_2SO_4$ একটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কেন? ২
অথবা, (ক) আদর্শ দ্রবণ কী? আদর্শ দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। ৩
(খ) লবণসেতু কাকে বলে? e.m.f. কী? ২
৫। (ক) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা Al এর নিষ্কাশন সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ৩
(খ) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক সমযোজী এবং কেন? ২
অথবা, (ক) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী কেন? ৩
(খ) $NH_3$ অণুতে H–N–H এর বন্ধন কোণ 107° কেন? ২
৬। (ক) সকল বিক্রিয়াই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) সমীকরণগুলো পূর্ণ কর ঃ *(i)* ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H = ?$ *(ii)* ${}^{14}_{7}N + ? = {}^{11}_{6}C + {}^{4}_{2}He$. ২
অথবা, (ক) কক্ষতাপমাত্রায় $H_2O$ তরল কিন্তু $H_2S$ গ্যাস কেন? ৩
(খ) আয়োডোমিতিক ও আয়োডিমিতিক টাইট্রেশন বলতে কী বুঝ? ২
৭। (ক) অরবিট ও অরবিটালের পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) দ্রবণে $Pb^{2+}$কে শনাক্তকারী বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ২
অথবা, (ক) জারণ–বিজারণ যুগপৎ ঘটে—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) Cu এর তড়িৎদ্বার বিভব 0.3394V বলতে কী বুঝ? ২
৮। (ক) আদর্শ আচরণ থেকে দ্রবণের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর। ৩
(খ) $K_c$ এর মান কি কখনও শূন্য বা অসীম হতে পারে—ব্যাখ্যা কর। ২
অথবা, (ক) ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) অর্ধকোষ বিক্রিয়া কী? উদাহরণ দাও। ২
৯। (ক) আধুনিক পর্যায় সারণির সীমাবদ্ধতাগুলো কী কী? ৩
(খ) মোলার ও মোলাল দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য কী? ২
অথবা, (ক) ব্লিচিং পাউডারের সংকেত লেখ। ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ক্রিয়া বর্ণনা কর। ৩
(খ) Ne এর ব্যবহার লেখ। ২

http://pdfcorner.com

## চট্টগ্রাম বোর্ড-২০১০

### ক বিভাগ

নম্বর

১। (ক) মোল ভগ্নাংশ কী? দেখাও যে, একটি গ্যাস মিশ্রণে কোন গ্যাসের আংশিক চাপ ঐ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ এবং মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলের সমান। ১+৪=৫

(খ) আয়নিক বন্ধন কী? এ বন্ধন কীভাবে গঠিত হয়? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(গ) অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশানের মূলনীতি লেখ। ৩

(ঘ) ভেজালযুক্ত সবুজ ভিট্রিয়লের 0.5 g-কে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে অম্লীয় 0.05M $KMnO_4$ দ্রবণের 5 mL প্রয়োজন হয়। উক্ত সবুজ ভিট্রিয়লে ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। ৪

**অথবা,** (ক) একটি ইলেকট্রনের পূর্ণ পরিচিতির জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার প্রয়োজন—ব্যাখ্যা কর। ৪

(খ) লঘু $H_2SO_4$ যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ এবং KI-এর বিক্রিয়ার সমতাকৃত সমীকরণ অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ। ৩

(গ) হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র লেখ এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

(ঘ) 17°C তাপমাত্রায় এবং 770 mm (Hg) চাপে 600 mL অক্সিজেন গ্যাস পানির উপর সংগ্রহ করা হল। 17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14.5 mm (Hg)। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন ও ভর কত? ৪

২। (ক) হাইড্রোজেনের অবস্থান পর্যায় সারণির IA ও VIIA শ্রেণীতে—আলোচনা কর। ৪

(খ) সিগমা ও পাই বন্ধন কী? সিগমা ও পাই বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন—ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪

(গ) নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৪

(ঘ) মোলারিটিতে 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের শক্তিমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

**অথবা,** (ক) আদর্শ দ্রবণ কী? আদর্শ দ্রবণের শর্তসমূহ কী কী? ৪

(খ) গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪

(গ) "রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদা গতিশীল"—ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) 20 g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন $CO_2$-কে সম্পূর্ণরূপে $Na_2CO_3$-এ পরিণত করতে কী পরিমাণ কস্টিক সোডা প্রয়োজন? ৪

৩। (ক) $2A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৪

(খ) পানির আয়নিক গুণফল কী? পানির আয়নিক গুণফল হতে pH স্কেল কীভাবে প্রতিষ্ঠা করবে? ১+৩=৪

(গ) তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া—ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) কার্বন ডাই-সালফাইড, কার্বন ও সালফারের দহন তাপের মান যথাক্রমে $-1109.17\ kJmol^{-1}$, $-394.55\ kJmol^{-1}$ এবং $-297.3\ kJmol^{-1}$ হলে কার্বন ডাই-সালফাইডের গঠন তাপ নির্ণয় কর। ৪

**অথবা,** (ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালুমিনা হতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর। ৪

(খ) বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ৪

(গ) অম্ল ক্ষারকের প্রোটনীয় মতবাদ বর্ণনা কর। ৪

(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় $N_2$ গ্যাসের r.m.s বেগ নির্ণয় কর। ৩

### খ বিভাগ

৪। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ হতে চার্লসের সূত্র প্রতিষ্ঠা কর। ২

(খ) হুন্ডের নিয়ম লেখ। এ নিয়মে ফসফরাসের ইলেকট্রনবিন্যাস দেখাও। ২+১=৩

**অথবা,** (ক) কোষের e.m.f কী? ২

(খ) $PCl_5$ গঠন সম্ভব হলেও $NCl_5$ গঠন সম্ভব নয় কেন? ৩

৫। (ক) একটি ইলেকট্রনের চার্জ হিসাব কর। ২

(খ) $SiCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হলেও $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না কেন? ৩

**অথবা,** (ক) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানসমূহকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না কেন? ৩

(খ) $XeF_4$ ও $XeF_6$-এর জ্যামিতিক কাঠামো লেখ। ২

৬। (ক) Be এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি B অপেক্ষা বেশি কেন? ৩

(খ) Zn অবস্থান্তর মৌল নয় কেন? ২

**অথবা,** (ক) জুল থমসন প্রভাব কী? ২

(খ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কী? উদাহরণসহ লেখ। ৩

৭। (ক) উদাহরণসহ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যা কর। ৩

(খ) S.T.P তে 1.0 mL $H_2$ গ্যাসে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

**অথবা,** (ক) পর্যায় সারণিতে Cr ও Al এর অবস্থান নির্ণয় কর। ৩

(খ) নিম্নের সমীকরণগুলো পূর্ণ কর— *(i)* $LiNO_3 \xrightarrow{\Delta}$ ; *(ii)* ${}^{12}_{6}C + ? \longrightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He$. ২

৮। (ক) $SP^2$ সংকরণ উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(খ) দ্রবণে $Na^+$ কীরূপে শনাক্ত করবে? ২

**অথবা,** (ক) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৩

(খ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যোজনী শূন্য কেন? ২

৯। (ক) সংকেত লেখ ঃ *(i)* বোরাক্স; *(ii)* জিপসাম। ২

(খ) $MgCl_2$ এবং $AlCl_3$ এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক সমযোজী এবং কেন? ৩

**অথবা,** (ক) একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 15 মিনিট। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। ৩

(খ) S.T.P এবং S.A.T.P বলতে কী বুঝ? ২

http://pdfcorner.com

## বরিশাল বোর্ড–২০১০

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) আদর্শ গ্যাস কী? বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সমন্বয়ে আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি উপপাদন কর। ৪
(খ) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? পরমাণুতে একটি ইলেকট্রনকে বর্ণনা করতে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) আংশিক পাতন কী? আংশিক পাতনের মূলনীতি ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) ১২.০ g $CaCO_3$ কে হাইড্রোক্লোরিক এসিডে দ্রবীভূত করে যে পরিমাণ $CO_2$ নির্গত হল তাকে পূর্ণ প্রশমিত করতে ৬৫০ mL কস্টিক সোডা দ্রবণ প্রয়োজন হল। ক্ষার দ্রবণটির ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ৪

**অথবা,** (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর। ৪
(খ) পরমাণুর N শক্তি স্তরে l, m হিসাব করে অরবিটাল সংখ্যা ও ইলেক্ট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর। ৪
(গ) তরল-তরল দ্রবণ সম্পর্কিত রাউল্টের সূত্র থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির কারণ বর্ণনা কর। ৪
(ঘ) ১ ফোঁটা পানির ভর ০.০৫ g হলে ১ ফোঁটা পানিতে বিদ্যমান অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

২। (ক) গ্যাসের ব্যাপন কী? ব্যাপন সূত্র থেকে কীভাবে আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়? ৪
(খ) সিগমা ও পাই-বন্ধন কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪
(গ) বিয়োজন মাত্রা কী? $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ বিক্রিয়াটির বিয়োজন মাত্রা $\alpha$ হলে উহার Kp এর মান নির্ণয় কর।
(ঘ) 0.5 M NaOH দ্রবণের pH কত? ৩

**অথবা,** (ক) আয়নিক যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য ও সমযোজী যৌগের আয়নিক বৈশিষ্ট্য কারণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রটি বর্ণনা কর। এ সূত্রের সাহায্যে কীভাবে ইলেক্ট্রনের চার্জ হিসাব করা যায়?
(গ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কী বুঝ? রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(ঘ) ইথানয়িক এসিড, কার্বন ও হাইড্রোজেনের প্রমাণ দহন অ্যানথালপি যথাক্রমে $-৮৭১\cdot৫$ $kJmol^{-1}$, $-৩৯৩\cdot৭$ $kJmol^{-1}$ ও $-২৮৫\cdot৭৫$ $kJmol^{-1}$ হলে ইথানয়িক এসিডের সংগঠন তাপ নির্ণয় কর ঃ

৩। (ক) বক্সাইট কী? বক্সাইট বিশোধনের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ৪
(খ) শুষ্ক কোষ কী? একটি শুষ্ক কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর। ৪
(গ) প্রথম ক্রম বিক্রিয়া বলতে কী বুঝ? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৪
(ঘ) $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে ৩০ মিনিট ৫.০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ নিকেল জমা হবে? ৩

**অথবা,** (ক) এনথালপি কী? প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপি পরিবর্তনের সমান।
(খ) ব্রাইন কী? ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডা উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর।
(গ) বোর মতবাদের স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর।
(ঘ) বাফার দ্রবণ কীভাবে pH স্থির রাখে—ব্যাখ্যা কর।

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) Sc একটি d-ব্লক মৌল হওয়া সত্ত্বেও অবস্থান্তর মৌল নয়—ব্যাখ্যা কর। ২

**অথবা,** (ক) আয়নীকরণ শক্তি কী? একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তির কীরূপ পরিবর্তন ঘটে কারণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড বস্তু কী? উদাহরণ দাও।

৫। (ক) তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া কাকে বলে? উদাহরণ দাও। ৩
(খ) S.T.P তে 1 mL কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাসে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

**অথবা,** (ক) নির্দেশক কী? ইহা কীভাবে বর্ণ পরিবর্তন করে?
(খ) $Na_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

৬। (ক) বর্গমূল গড় বর্গবেগ কী? ইহার গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) $CaCl_2$ এবং NaCl এর মধ্যে কোন্‌টি বেশি আয়নিক এবং কেন? ২

**অথবা,** (ক) ব্লিচিং পাউডার কী? ইহার বিরঞ্জন বিক্রিয়ার বর্ণনা দাও।
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* ন্যাট্রোন; *(ii)* জিপসাম।

৭। (ক) $Al_2O_3$ একটি উভধর্মী অক্সাইড—প্রমাণ কর। ৩
(খ) একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক গাঢ়মাত্রা 0.60 $moldm^{-3}$ হতে 0.20 $moldm^{-3}$ এ হ্রাস পেতে 15 min সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। ২

**অথবা,** (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? ইহা কীভাবে গঠিত হয় উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) দ্রবণে $Ca^{2+}$ কীভাবে শনাক্ত করবে?

৮। (ক) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ *(i)* ধাতব বন্ধন; *(ii)* তড়িৎ প্রলেপন। ৩
(খ) প্রশমন অ্যানথালপি কী? উদাহরণ দাও। ২

**অথবা,** (ক) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী—ব্যাখ্যা কর।
(খ) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও অ্যাভোগাড্রোর ধ্রুবক কী?

৯। (ক) উদাহরণসহ $sp^2$ সংকরণ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) STP ও SATP কী? ২

**অথবা,** (ক) প্রভাবক কী? প্রভাবক বিক্রিয়ার জন্য একটি বিকল্প পথের সৃষ্টি করে—ব্যাখ্যা কর।
(খ) বরফ পানিতে ভাসে কেন?

http://pdfcorner.com

## সিলেট বোর্ড-২০১০

নম্বর

১। (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো লেখ। ৪
(খ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪
(গ) বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকালের সংজ্ঞা দাও। দেখাও যে, দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল। ১+৩=৪
(ঘ) 27°C তাপমাত্রায় 22 g কার্বন ডাইঅক্সাইড-এর গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

**অথবা,** (ক) শুষ্ক কোষ কী? শুষ্ক কোষের গঠন এবং কোষ বিক্রিয়া লেখ। ১+৩=৪
(খ) গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি লেখ। এ সূত্রের মাধ্যমে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(গ) তাপ রসায়নের সূত্র দুটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ২+২=৪
(ঘ) কার্বন, সালফার এবং কার্বন ডাইসালফাইডের দহন তাপ যথাক্রমে – 100 kJ $mole^{-1}$, – 295 kJ $mole^{-1}$ এবং –11 kJ $mole^{-1}$ কার্বন ডাইসালফাইডের সংগঠন তাপ নির্ণয় কর। ৩

২। (ক) বোর পরমাণু মডেলের প্রস্তাবনাগুলো লেখ। ৪
(খ) লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি কী? নিম্নের বিক্রিয়ার উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব বর্ণনা কর ঃ
$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g);\ \Delta H^\circ = +180$ kJ. ১+১$\frac{১}{২}$ + ১$\frac{১}{২}$ =৪
(গ) আদর্শ দ্রবণ এবং অনাদর্শ দ্রবণ কী? অনাদর্শ দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। ১+১+২=৪
(ঘ) 30°C তাপমাত্রা এবং 700 mm (Hg) চাপে 500 mL $N_2(g)$-এর অণুর সংখ্যা গণনা কর। ৩

**অথবা,** (ক) মোল কী? আণবিক সংকেত এবং স্থূল সংকেতের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ১+৩=৪
(খ) আয়নিক বন্ধন কী? উদাহরণসহ লেখ। ১+৩=৪
(গ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ *(i)* প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড বস্তু; *(ii)* তড়িৎ প্রলেপন। ২+২=৪
(ঘ) 25 mL 0.2 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 20 mL 0,2M সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ যোগ করা হল। উৎপন্ন বাফার দ্রবণে pH গণনা কর। (দেওয়া আছে $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$)। ৩

৩। (ক) রিডক্স বিক্রিয়া কী? আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের বিক্রিয়াটি সমতা কর ঃ
$MnO_4^- + H^+ + Fe^{2+} = Mn^{2+} + Fe^{3+} + H_2O$ ১+৩=৪
(খ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ *(i)* লবণ সেতু; *(ii)* তড়িৎ রাসায়নিক সারি। ২+২=৪
(গ) pH কী? পানির আয়নিক গুণফল থেকে pH-স্কেল প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(ঘ) লঘু $H_2SO_4$-এর উপস্থিতিতে 25 mL 0.2M $FeSO_4$ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 0.1M $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন দরকার? ৩

**অথবা,** (ক) রাউল্টের বাষ্পচাপ অবনমন সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।
(খ) রাদারফোর্ডের $\alpha$-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটির পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্তসমূহ লেখ। ৪
(গ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ *(i)* সক্রিয়ন শক্তি; *(ii)* রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংঘর্ষ তত্ত্ব। ২+২=৪
(ঘ) নিকেল নাইট্রেট 50 mA বিদ্যুৎ ২ ঘণ্টা যাবত চালনা করা হল। ক্যাথোডে কত গ্রাম নিকেল জমা হবে, তা গণনা কর। ৩

**খ বিভাগ**

৪। (ক) মোলার গ্যাস ধ্রুবক কী? SI এককে R-এর মান গণনা কর। ১+২=৩
(খ) $Fe_2O_3$ এর অম্লত্ব গণনা কর। ২

**অথবা,** (ক) হুন্ডের নীতিটি লেখ। হুন্ডের নীতির আলোকে নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ। ৩
(খ) ধাতুক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ২

৫। (ক) বোরন ও সিলিকনের ধর্মের তুলনা কর। ৩
(খ) অটো প্রভাবক কী? উদাহরণ দাও। ২

**অথবা,** (ক) $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী কেন? ব্যাখ্যা কর।
(খ) পর্যায় সারণিতে Mn(25) এর শ্রেণী ও পর্যায় নির্ণয় কর।

৬। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? এ বন্ধনের দুটি গুরুত্ব দেখ। ২+১=৩
(খ) আণবিক সংকেত লেখ ঃ *(i)* পটাশ অ্যালাম; *(ii)* স্পাইজেল।

**অথবা,** (ক) ছদ্ম এক-আণবিক বিক্রিয়া কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলো সম্পন্ন কর ঃ *(i)* $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ? + ?$ ; *(ii)* $Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} ? + ?$ ২

৭। (ক) এনথালপি কী? দেখাও যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপি পরিবর্তনের সমান। ৩
(খ) কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ মান নির্ণয় কর ঃ *(i)* $Na_2S_4O_6$; *(ii)* $KMnO_4$; ২

**অথবা,** (ক) পর্যায় সারণির কর্ণ সম্পর্ক কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
(খ) $Ca(OH)_2$ পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু $Be(OH)_2$ পানিতে অদ্রবণীয় কেন?

৮। (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ার মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক কী? দুটি উদাহরণ দাও। ২

**অথবা,** (ক) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ কী কী? এদের নিষ্ক্রিয়তার কারণসমূহ লেখ।
(খ) $HNO_3$ এবং $H_2SO_4$ এর মধ্যে কোনটি তীব্রতর এসিড এবং কেন?

৯। (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল সাম্যাবস্থা—উপযুক্ত উদাহরণ দ্বারা প্রমাণ কর। ৩
(খ) $Al_2O_3$ একটি উভধর্মী অক্সাইড—ব্যাখ্যা কর। ২

**অথবা,** (ক) কোষের cmf বলতে কী বুঝ? ডেনিয়েল সেলের কোষ বিক্রিয়া লেখ। ১+২=৩
(খ) 10% $Na_2CO_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। ২

http://pdfcorner.com

## দিনাজপুর বোর্ড-২০১০

### ক বিভাগ–রচনামূলক প্রশ্ন

নম্বর

১। (ক) বাস্তব গ্যাস কী? বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) পলির বর্জন নীতি কী? এ নীতি অনুসারে '*f*' উপস্তরে সর্বোচ্চ কয়টি ইলেকট্রন থাকতে পারে? ১+২=৩
(গ) শুষ্ক কোষ কাকে বলে? একটি শুষ্ক কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর। ১+৩=৪
(ঘ) স্থির তাপমাত্রায় এবং 1 atm. চাপে 250 ml নাইট্রোজেন এবং 600 mm (Hg) চাপে 500 ml অক্সিজেন গ্যাসকে একত্রে 1 লিটার ফ্লাস্কে ভর্তি করা হল। ঐ গ্যাস মিশ্রণের চাপ কত হবে? ৪

**অথবা,** (ক) পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বোর মতবাদ এর স্বীকার্যগুলো বর্ণনা কর। ৪
(খ) পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরে *l* ও *m* এর মান হিসাব করে কতটি ইলেক্ট্রন থাকতে পারে দেখাও। ৩
(গ) তড়িৎযোজী বন্ধন কী? তড়িৎযোজী যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ কী কী? ১+৩=৪
(ঘ) ১০০টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের ১১ মিলিগ্রাম খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয়? ৪

২। (ক) গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি লেখ। এ সূত্র হতে কোন গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ১+৩=৪
(খ) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) কার্বন ও সিলিকনের ধর্মে ৩টি সাদৃশ্য ও ৩টি বৈসাদৃশ্য লেখ। ৩
(ঘ) 60 ml 0.5 M HCl, 40 ml 2M HCl এবং 20 ml 1M HCl একত্রে মিশিয়ে পানিযোগে দ্রবণের আয়তন 250 ml করা হল। ঐ এসিড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। ৪

**অথবা,** (ক) রিডক্স বিক্রিয়া কী? ইলেক্ট্রনিক মতবাদ অনুসারে রিডক্স বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) সমস্ফুটন মিশ্রণ কী? সমস্ফুটন মিশ্রণের উপাদানসমূহকে আংশিক পাতনের সাহায্যে পৃথক করা যায় না কেন? ১+৩=৪
(গ) একটি উভমুখী বিক্রিয়া কখনও শেষ হয় না—ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) একটিমাত্র বিক্রিয়ক বিশিষ্ট একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা যখন 0.2 M হয় তখন এর অর্ধায়ু 10 সেকেন্ড হয়। প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.1M হলে অর্ধায়ু কত হবে? ৪

৩। (ক) অরবিটাল সংকরণ কী? উদাহরণসহ $sp^3$ সংকরণ ব্যাখ্যা কর। ৪
(খ) এনথালপি কী? সকল রাসায়নিক পরিবর্তনই তাপীয় পরিবর্তনের মাধ্যমে ঘটে—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(গ) অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক বলতে কী বুঝ? $HSO_4^-$ এর অনুবন্ধী ক্ষারকের নাম ও সংকেত লেখ। ৩
(ঘ) $Zn(s) + Cu^{2+}(aq.) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$; এ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে কি? [$Zn^{2+}/Zn(s)$ এবং $Cu^{2+}/Cu(s)$ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব যথাক্রমে – 0.76V এবং + 0.34V.] ৪

**অথবা,** (ক) লা–শাটেলিয়ারের নীতি কী? রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ১+৩=৪
(খ) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া কী? দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৩+১=৪
(গ) তেজস্ক্রিয়তা কী? তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ৪টি ব্যবহার লেখ। ৩
(ঘ) 5 amp মাত্রার তড়িৎ 60 মিনিট ধরে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হলে কত পরিমাণ কপার জমা হবে? ৪

### খ বিভাগ–সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৪। (ক) আয়নীকরণ বিভব কী? নাইট্রোজেনের ১ম আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি কেন? ৩
(খ) Ca কে মৃতক্ষার ধাতু বলা হয় কেন? ২

**অথবা,** (ক) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে ৩টি পার্থক্য লেখ।
(খ) 32 গ্রাম অক্সিজেনের জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি লেখ।

৫। (ক) অরবিট ও অরবিটালের মধ্যে ৩টি পার্থক্য লেখ। ৩
(খ) মোলার দ্রবণ ও মোলাল দ্রবণ বলতে কী বুঝ? ২

**অথবা,** (ক) পর্যায় সারণিতে একটি মৌল একটি মাত্র স্থানে অবস্থান করে—ব্যাখ্যা কর।
(খ) মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপের মান ধ্রুব নয় কেন?

৬। (ক) সোডা অ্যাস শিল্পোৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৩
(খ) সোডিয়াম ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে রাখা হয় কেন? ২

**অথবা,** (ক) $Al_2(SO_4)_3$ এর জলীয় দ্রবণের pH-এর মান 7 অপেক্ষা কম কেন?
(খ) NaCl পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু অ্যালকোহলে নয় কেন?

৭। (ক) $NCl_5$ এর অস্তিত্ব নেই কিন্তু $PCl_5$ এর অস্তিত্ব আছে—ব্যাখ্যা কর। ৩
(খ) $NH_4^+$ আয়নে উপস্থিত বন্ধনসমূহ কীরূপে গঠিত হয়? ২

**অথবা,** (ক) জারণ সংখ্যা কী? $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নে Cr-এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর।
(খ) একটি ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা $2 \times 10^{-3}$ মোল/লিটার। দ্রবণটির pH গণনা কর।

৮। (ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন বর্ণনা কর। ৩
(খ) ইলেক্ট্রোপ্লেটিং বলতে কী বুঝ? এটা কী উদ্দেশ্যে করা হয়? ২

**অথবা,** (ক) অ্যালুমিনা থেকে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন বর্ণনা কর।
(খ) লেডের বিষাক্রিয়া বলতে কী বুঝ?

৯। (ক) আয়ন ইলেক্ট্রন পদ্ধতিতে নিম্নের সমীকরণটির সমতা বিধান কর ঃ ৩

$$MnO_4^- + H^+ + C_2O_4^{2-} \rightarrow Mn^{2+} + H_2O + CO_2$$

(খ) $HNO_3$ ও $HClO_4$ এর মধ্যে কোনটি অধিক তীব্র অম্ল এবং কেন? ২

**অথবা,** (ক) ধাতু ক্ষয় একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া—ব্যাখ্যা কর।
(খ) সংকেত লেখ ঃ *(i)* ক্রায়োলাইট; *(ii)* জিপসাম।

http://pdfcorner.com

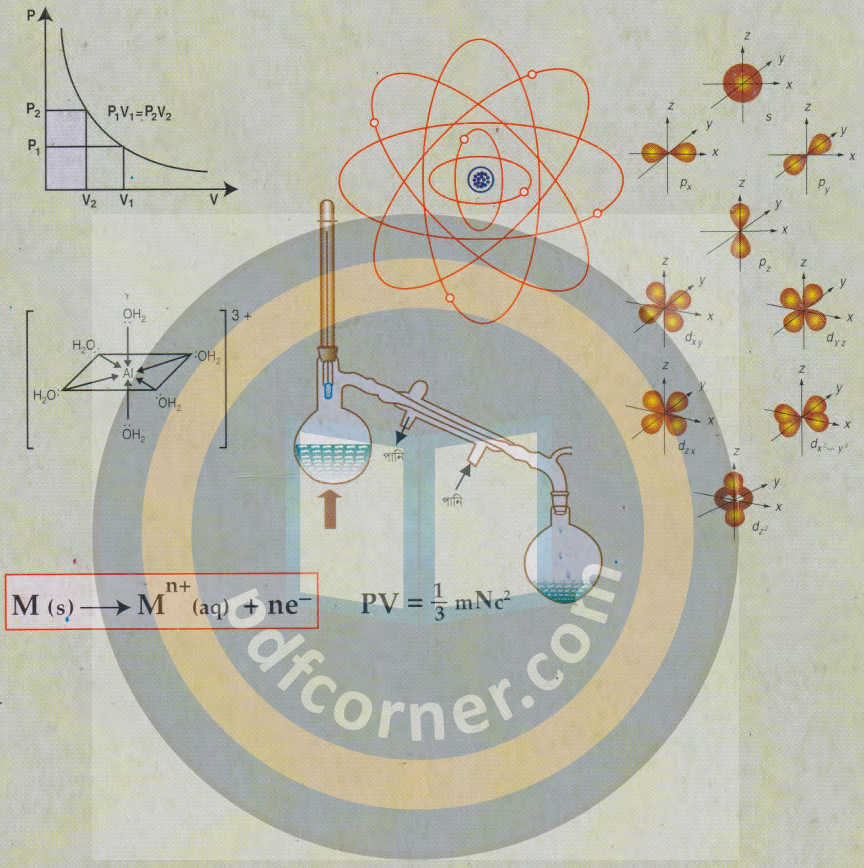
সৃজনশীল প্রশ্ন সম্বলিত

# উচ্চ মাধ্যমিক

# রসায়ন

## প্রথম পত্র

ড. সরোজ কান্তি সিংহ হাজারী
ও
হারাধন নাগ




pdfcorner.com

হাসান বুক হাউস ◆ ঢাকা
জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত